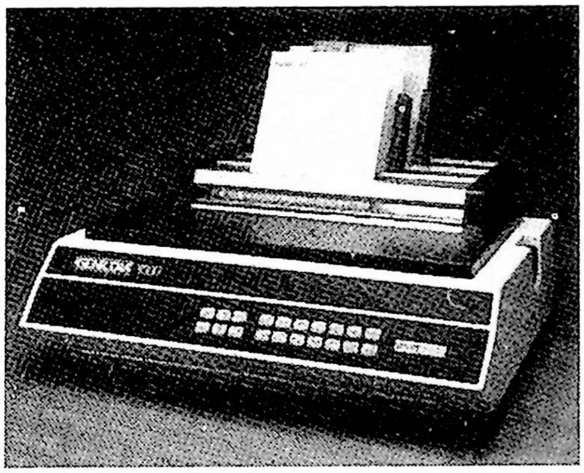
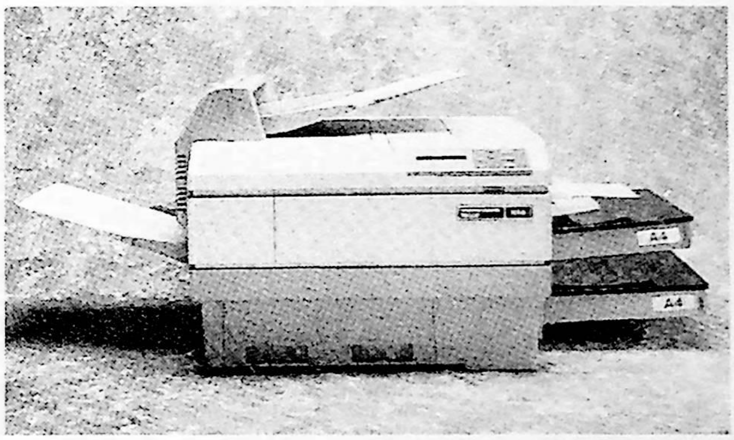
מעשה חושב

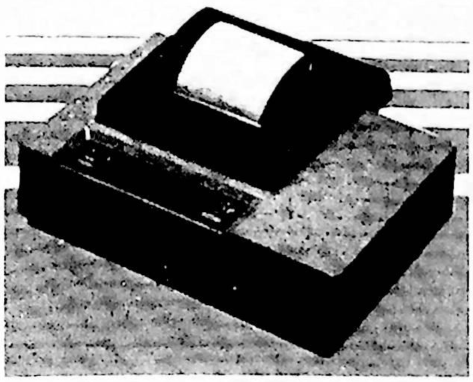
כרך ט"ו גליון 5–4 • אוקטובר 1988 • חשון תשמ"ט



האיגוד הישראלי לעיבוד אינפורמציה







מעשה חושב

כרך ט"ו גליון 4-5 • אוקטובר 1988 • חשון תשמ"ט • INFORMATION PROCESSING ASSOCIATION OF ISRAEL • האיגוד הישראלי לעיבוד אינפורמציה



ISSN 030-142X

עורכת ראשית: בת-עמי סדן
עורכת: אלינער רבין
מערכת: אליהו הכהן
מיכאל חנני
שאול לביא
הדר מטמון
רוממיה הלוי-סגל

מזכירת המערכת: רותי קופרמן

כתובת המערכת: איל"א ת.ד. 919
כפר המכביה 52109
טל. 03-715770 03-715772
משרדי איל"א בירושלים: ת.ד. 13009
טל. 02-420257 02-415032
פרסום: יהב 03-5561406

דפוס "חדקל" בע"מ, ת"א

תוכן הענינים:

בפתח החוברת

ארבעים שנות המדינה אינן ארבעים שנות מיחשוב. בה' באייר תש"ח פעלו בכל רחבי הארץ, לכל היישומים המדעיים, החשבונאיים והסטטיסטיים מערכות בודדות של ציוד קונבנציונלי המבוסס על כרטיסים מנוקבים, שאפשר למנותם על פחות מאצבעות כף יד אחת.
ניצניו של עיבוד הנתונים הממוחשב החלו רק באמצע שנות החמישים, בהתקנה אחת ויחידה בארץ, במכון ויצמן, ולשימושים מדעיים בלבד.
רק בשנות הששים החלה להסתמן השפעתו של המחשב בתחום המינהלי, עם התקנתם של מחשבים ראשונים במוסדות ממשלתיים, ציבוריים ופרטיים בארץ.
עם זאת, בחלוף ארבעים שנה להכרזת העצמאות, בחרנו לייחד את החוברת הנוכחית של "מעשה חושב" לכמה פרקי היסטוריה וסיכומי ביניים בתחום התפתחותו של ענף עיבוד הנתונים בישראל במיגזריו השונים: במערכת הבטחון, בתחום החינוך, בענף הרפואה, בעתונות, במערכת המשפטית, בבנקאות, בתחבורה, במערך התקשורת, בתעשיה הישראלית ועוד.
החוברת יוצאת, איפוא, במתכונת כפולה ומורחבת, ובתרומת עטם של ראשונים וממשיכים, אלה שעמדו על ערישתו של ענף עיבוד הנתונים בארץ בצד אלה המופקדים כיום על מערכות מיחשוב, איש בתחומו. רוב המאמרים נכתבו במיוחד לחוברת זו, ותודת המערכת מובעת לכל אלה שנטלו על עצמם את הכתיבה.

בפרוס שנת תשמ"ט אנו מברכים את קוראינו בשנה טובה.

המערכת

40 שנות מיחשוב במדינת ישראל

מחשב מתוצרת חברת פילקו שיובא לאחר קום המדינה עבור מערכת הבטחון, ועליו נאמר שיוכל לשרת את כל צרכי מדינת ישראל ועד ענף המגלגל כ־500 מיליון דולר בשנה, 2% מהתל״ג, ומועסקים בו כ־9000 עובדים.

שש פקולטות למדעי המחשב ומערכות מידע, עשרות בתי ספר להנדסאים וטכנאי מחשבים, בחינות בגרות ברמה של חמש נקודות – מהווים נדבך מוצק לכח האדם הממלא את כל תחומי פעילויותינו. וכי יש נושא שאיננו מתגרים בו? החל בבנית מחשבים, דרך יישום מערכות מידע מורכבות וכלה באוויוניקה ומערכות טילים המשובצות מחשבים מיצירה עצמית.

וכי יש טכנולוגית מיחשוב שלא נקלטה אצלנו? תחומים כמו תקשורת נתונים, בינה מלאכותית, ארכיטקטורות של מערכות תוכנה, הנדסת תוכנה, שפות מחשב, מרכז מידע, תיב״מ. יקצר המצע מלמנות את כולם.

רוב יצרני התוכנה והחומרה הגדולים בעולם מיוצגים במדינה. ייצוגם בארץ ופעילותם כאן הינם תוצאה של פלח שוק כדאי וענף משקי אטרקטיבי. כ־350 חברות פועלות בענף, תחרותיות עצומה, מלחמה על כל מכרז. שוק של שיווק מתוחכם בכל מגזרי המשק ובכל ענפי המיחשוב.

ומנגד לספקי הטכנולוגיה – מיישמיה. מערכות מידע הן הצלע השלישית החיונית בכל ארגון עסקי המהווה עורק החיים בכל מעשיו, וככל שעוצמת תמיכת מערכות המידע גבוהה בארגון – כן גדלה יכולתו למלא את יעדיו באופן מושכל. וארגונים כאלה רבים בתוכנו.

מאחרי כל אלה עומד האדם – הישראלי, היוצר, הבונה והיצירתי. חברת איכות (מושג בלתי מוגדר ואינו נתפס כעומד קבע בזמן נתון) מאופינת במפגש החיובי בין מרכיביה, בהיזון החוזר הבא מעשיה בין כל חלקיה. עובדות אלה הן ללא צל של ספק תו היכר לכל העוסקים בענף.

כ־25 שנה מלווה איל״א את התפתחות הענף. איל״א היא איגוד־העל של כל העוסקים במערכות מידע, אלפי חברים וכ־350 חברות מאוגדים בה. לאיל״א הנהלה פעילה, מועצה ואספת חברים המרכיבים את מוסדות האיגוד.

פעילות איל״א באה לידי ביטוי במגוון עצום של התרחשויות, החל בכנס הארצי הגדול מסוגו בישראל, המשך בכנסים המקצועיים השנתיים של האיגודים המתמחים וכנסים בינלאומיים וכלה בימי עיון, מפגשי קבוצות העבודה ופעילות במוסדות בינלאומיים. אלפי חברים משתתפים בכל הארועים האלה במשך השנה והשפעתם על הענף רבה.

באיל״א 12 קבוצות עבודה פעילות, 4 איגודים מתמחים וועדות הפועלות בתחומי בזק, מיסוי מחשבים, ואתיקה מקצועית, המגיבים להתפתחויות טכנולוגיות ופועלים לקידום הענף.

עשרות פעילים עושים מלאכה באיל״א שלא על מנת לקבל פרס.

כה לחי לכל העוסקים במלאכה, יהי פעלם ברוך.

נבחנו המילים חזור ובחון – התואמות המילים את הכותרת? האם אותם משפטים ספורים ברשימה זו מבטאים רחשי לב? למעשה ספר ניתן לכתוב.

עזרא בן־כוכב
יו״ר איל״א

'מעשה חושב' – גלגולו של שם

ספר

מעשה חושב

סדר בראשית

נוטריקון

ה'ידושים ע'ריבים ש'חידש ו'אסף ב'טובו

מ'והר"ר ש'מעון ה'כהן:

בו יבואו חידושים יקרים. ופירושים נבחרים. על חמשה חומשי תורה סדורים. להבין אמרי בינה לדק ומספט ומישרים. מעשה ידי אמן חד מן קמאייא הרב הדרשן ומרבין תורה בישראל החכם השלם כמה"ר רבי **שמעון הכהן** זלה"ה ה"ה ס' **מטה שמעון** על פרקי אבות ויהללוהו בשערים. נדפס על נייר יפה ואותיות מבהיקות בלשון הקדש ובלשון ערבי למען יהיה דבר השוה לכל נפש אחד חכם ואחד תם זקנים עם נערים. וליה עינינו למזרנו עוד להוציא לאור העלומה כיה"ק לה"ה הנז' הנשארים. חכות ה"ה ז"ל תגן עלינו ועל כל ישראל אחינו לעדי עד ולדור דורים. אמן:

נאם **המשתדלים** ס"ט

פה **הדיגת גרבה** יע"א

בשנת **וקראתם דרור בארץ** לפ"ק

בדפוס **אור תורה** תככ"ן

תחת השגחת המדפיס ה"ר **כמיים עזיזי כהן** ס"ט

בינ"ו עמ"י עש"ו

ספר

מעשה חושב

חידושי תורה ותהלים, מה שקבלה נשמתו של הרב החסיד העניו צדיק וקדוש כמוה"ר ר' חויתה שלי זצוק"ל, הזהיר על יחו מכלי אל כלי כמה פעמים, תוך שינויים ושכלולים כמתעסק בקדשים, אשר מזה הורגש אצל המסכלים התיהפכותו החמה הנלהבת והמרגשת לכתבים, פרי טיפוחיו מעשי ידיו. אשר אליהם וכהם כל מעייניו. וגם אחרי פטירתו לא שקט זה נח בעולם האמת, וכא פעמים בחלום לבני והסביר כי לגשת אל המלאכה מלאכת הדפסתם, וגם להורות נראה פעם אחת בחלום בענין פנקסי חידושיו כמו שתראה בשבחי הרב המחבר שבהדרש נכתו ר' כאפי הראד הי"ו ע"ש.

אחים יקרים!

הביאו ספר יקר זה לאוצר הספרים שבביתכם, כי מסוגל הוא לשמירת הבית והמשפחה.

סיון התשמ"ג

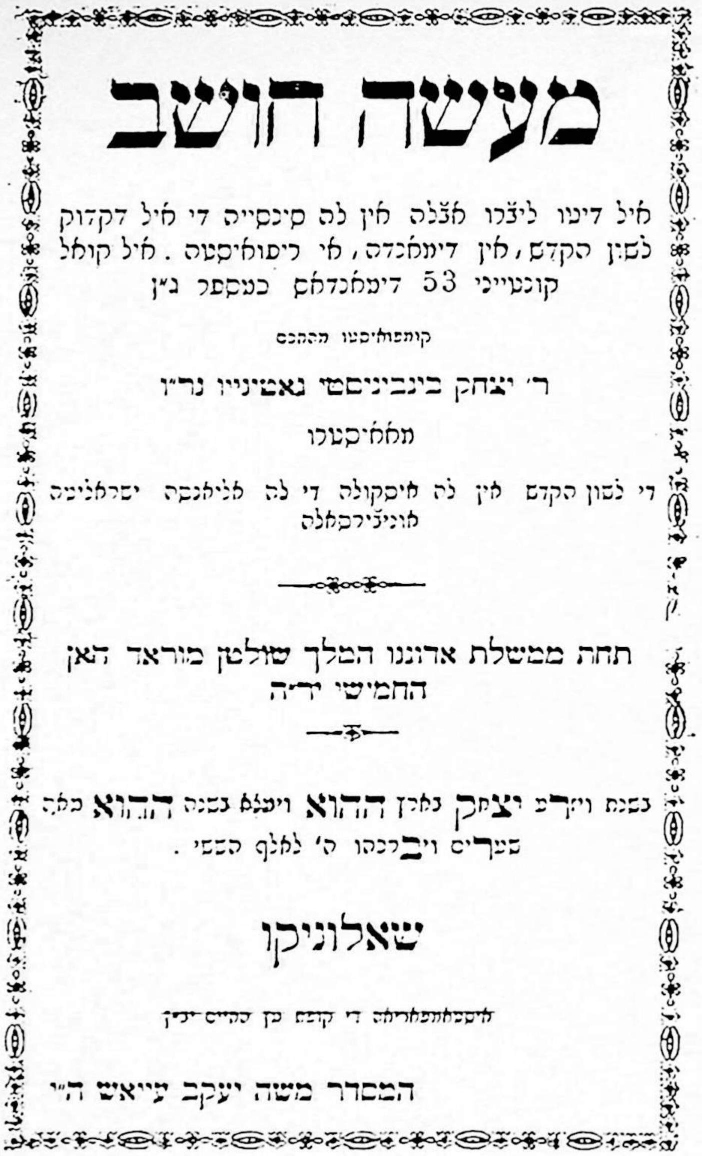
בראשית היה המושג 'מעשה חושב' שם נרדף לעבודת אמנות, למלאכת מחשבת. במשמעות זאת הופיע פעמים אחדות בתנ"ך, בספר שמות, בתאור הקמת המשכן, "ואת המשכן תעשה עשר יריעות שש משזר ותכלת וארגמן ותולעת שני כרובים, מעשה חושב תעשה אותם". פירושו המקורי של המושג באותו הקשר עדיין אינו מבאר את זיקתו לנושאי עיבוד נתונים, בוודאי לא כשם של כתב עת. לכך אחראי רבי לוי בן גרשון, הרלב"ג, מדען יהודי בן המאה ה־13, יליד פרובאנס, מחשובי המתמטיקאים היהודים בימי הביניים.

כאיש אשכולות שבין יתר עיסוקיו היה רופא, פילוסוף, תוכן, סופר וחוקר המקרא, התפרסם הרלב"ג גם מעבר לעולם היהודי. הוא נחשב לאחד מחלוצי מדע האסטרונומיה ומאלה שהקדימו את קופרניקוס וסללו את הדרך לתגליותיו. עיון בספר הטריגונומטריה שלו "סינוסים, מיתרים וקשתות", שנדפס בנירנברג בשנת 1533, מעלה כי הרבל"ג היה הראשון שהדגים את חשיבותה של פונקציית הסינוס. מכל ספרי המתמטיקה שכתב בימי חייו – והם אחדים – ספר

האריתמטיקה "מעשה חושב", שאותו השלים בשנת 1321 וענינו "לימוד חכמת החשבונות", היה היחיד שנותר בידינו בשפתו העברית המקורית. כתבי יד אחדים של ספר זה, שהיו גנוזים במרתפי הותיקן ובספריות וינה ומינכן, המתינו כ־600 שנה עד שראו את אור הדפוס. רק בראשית המאה העשרים נחלץ מתמטיקאי ובלשן יהודי מגרמניה, גרשון לנגה, לראשונה להוציא לאור את הספר עם מבוא, הערות ותרגום לגרמנית (פרנקפורט 1909). אולם כבר מאז נפוץ ככתב יד, בראשית המאה ה־14, החלה מסורת של קריאת ספרי מתמטיקה בשם "מעשה חושב", או בשם בעל אותה משמעות "מלאכת מחשבת".

בשנת תע"א, 1711, ראה אור בגרמניה ספר מתמטיקה בשפת יידיש־טייטש ("יהודית אשכנזית") בשם "מעשה חורש וחושב" שהיה "מיוסד על אדני חכמת המספר והתשבורת והוא חיבור נחמד אשר איזן וחקר ותיקן הבחור משה בן רבי יוסף היידא מהמבורג". ספר מיוחד וויצא דופן זה התפרסם בזכות שניצל מן השריפה

תקציר של תחקיר



הגדולה של כל הגיטו היהודי בפרנקפורט באותה שנה. שריפה זו, שהיתה מן המאורעות שרישומם ניכר על יהודי אשכנז במאה ה־18, מאוזכרת בשער הספר.

גם ספרים שמחוץ לתחום המדעים המדויקים זכו להיקרא בשם מעשה חושב, ביניהם ספרי קבלה ומחקר הלכתי, דקדוק ופרשנות מקראית.

הצעיר עמנואל חי ריקי, שהיה שנים אחדות תושב צפת בגליל העליון, פירסם בשנת תע"ו, 1716, בוונציה, ספר על מלאכת המשכן על פי תורת הסוד, וקרא לו "מעשה חושב".

כעבור שמונים שנה, השלים יוסף בן משה ניימינץ מקרקא, פולין, ספר חידושי הלכות באותו שם, שנדפס בעיר לבוב (למברג) בשנת תקנ"ו, 1796.

בסלוניקי שביוון ראה אור ספר הדקדוק "מעשה חושב" מעטו של יצחק בנבנשת־גאטיניו, והוא כתוב כולו בשפת לאדינו (איספניו־לית). הספר שימש להוראת דקדוק השפה העברית בדרך של שאלות ותשובות.



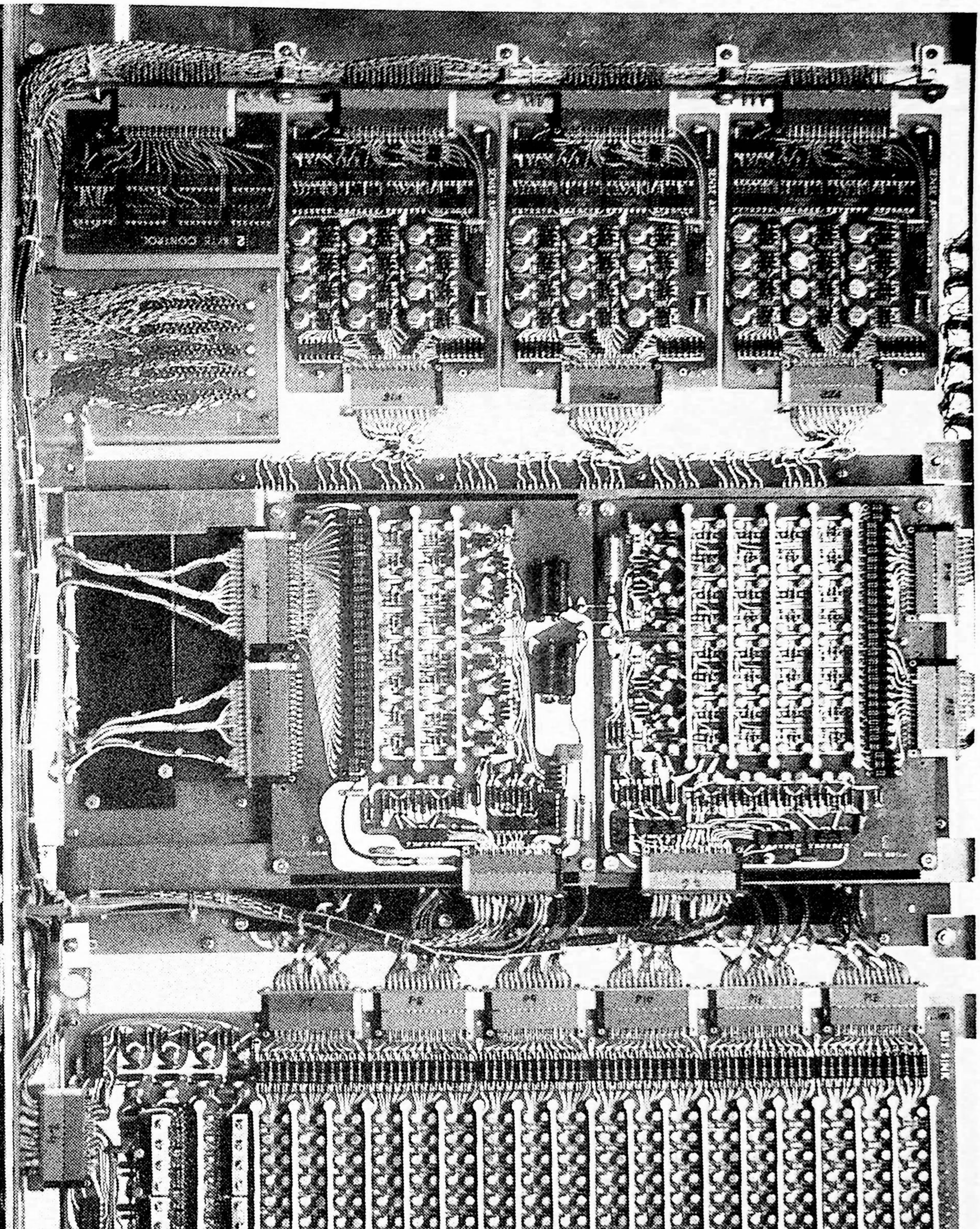
ספר "מעשה חושב" נוסף שכתב משה בצלאל לוריא נדפס בוורשה בשנת תרנ"ה, 1895, ובו חידושים ופלפולים על מסכת ערכין.

במאה העשרים ראו אור עד כה ארבעה ספרים בארבע יבשות. כל אחד ביבשת אחרת הקרויים בשם "מעשה חושב". האחד באמריקה, ספרו של חיים שרגא ברודסקי בשם זה, נדפס בניו יורק בשנת תרס"ז, 1907, נכללו בו "עשר דרשות המפיצות אור על אגדות חז"ל". ביבשת אפריקה בעיר ג'רבה שבתוניס יצא לאור, בעצם ימי מלחמת העולם השניה, ספר "מעשה חושב" מאת שמעון הכהן ובו באורים על ספר בראשית, עם תרגום לערבית (תש"ג–1943). השלי־שי יצא באירופה בקושיצה, הונגריה, ועוד ספר בישראל.

אחרון אחרון חביב בסדרה הוא כתב העת של איל"א, היוצא לאור ברציפות זה 15 שנים, ומבקש לבסס בתוכנו את הפירוש העממי הנכון והשגור של המושג מעשה חושב – סוף מעשה במחשבה תחילה.

אליהו הכהן

מחשבים ראשונים בישראל



הוויצאק

שלמה יחיא, מכון ויצמן למדע

מאמר זה הוא תמציתה של עבודה מקיפה בנושא, שזיכתה את הכותב בפרס "30 שנות ענ"א בישראל", במסגרת תחרות שהוכרזה ע"י חברת י.ב.מ. ישראל במלאות 30 שנה לפעילות החברה בארץ. שלמה יחיא עובד כמנתח מערכות בכיר, במחלקה לשירותי מחשב - אגף התיפעול, בנק הפועלים.

את שורשי התפתחות ענף המחשבים ועיבוד הנתונים בישראל יש למצוא במחלקה למתמטיקה שימושית במכון ויצמן למדע ברחובות. במחלקה זו תוכנן ונבנה בשנת ה־50, המחשב הראשון בארץ שנקרא וויצאק - WEIZAC, ר"ת של WEIZmann Automatic Calculator. הלקחים שנלמדו בבניית

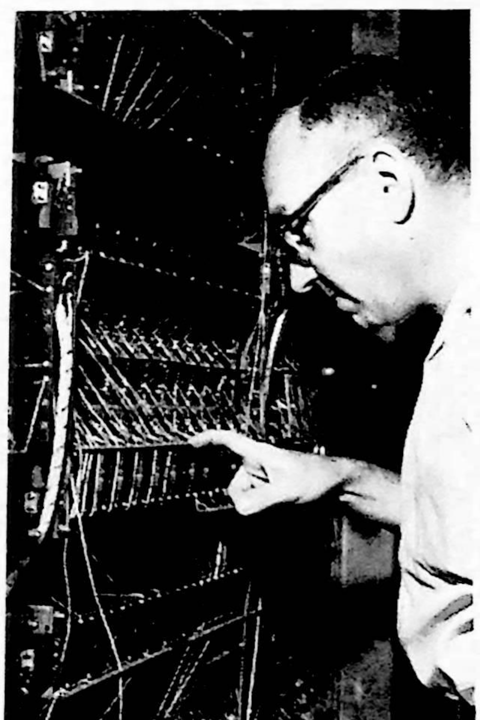


הוויצאק והנסיון שנרכש בהפעלתו סייעו הרבה למהנדסי ומדעני המכון בהגדרת הדרישות והמאפיינים למחשבי הגולם, שנבנו במכון בשנת ה־60. במסגרת זו נתאר בקצרה את מאפייני הוויצאק ותרומתו להתפתחות ענ"א בארץ, תוך שילוב מיקצת הסיפורים שליוו אותו.

סיפורו של הוויצאק מתחיל בשלהי 1945, בפגישה שהיתה בניו־יורק בין ד"ר חיים ויצמן - מראשי היישוב וההנהגה הציונית, לבין ד"ר חיים לייב פקריס - ראש המחלקה לפיסיקה מתמטית, ביחידה למחקרי מלחמה באוניברסיטת קולומביה. נוסף לפעילויותיו בבעיות מדינה וציונות, עשה ד"ר ויצמן לפיתוח המדע בארץ. הוא גייס מדענים יהודים מרחבי העולם שהיוו את חיל החלוץ להקמת מכון ויצמן למדע ברחובות. חיים פקריס היה אחד מאלה. בעקבות הפגישה בין השניים, נאות ד"ר פקריס לבקשת ויצמן להקים את המחלקה למתמטיקה שימושית במכון ברחובות. פקריס גרס כי לא תיתכן מחלקה

פורסם ב"מעשה חושב", פברואר 1982 - התפתחות המחשבים בישראל - מכון ויצמן למדע.

למתמטיקה שימושית ללא מחשב אלקטרוני, ששימש כלי עזר לחוקרי המחלקה, והחשוב מכל, היא העובדה שתחומי מחקריו של ד"ר פקריס הצריכו הסתייעות במחשב אלקטרוני בתדירות ובהיקף הולכים וגדלים. כך שיכנע פקריס את ויצמן בנחיצותו של מחשב שיתוכנן וייבנה במחלקה למתמטיקה ברחובות. לפקריס הוקצב סכום של 50 אלף דולר לתכנון ובנית מחשב, שיהא על פי המודל של המחשב שנבנה באותם ימים ע"י קבוצת ג'ון פון נוימן במכון למחקר מתקדם בפרינסטון. בנייתו של זה האחרון נסתיימה ביוני 1953. בראשית 1954 החלו בתכנון ובבנית הוויצאק ופקריס גייס עובדים לפרויקט. לראש צוות ההקמה נבחר ד"ר גרשון (ג'רלד) אסטרין,



שנמנה על קבוצת ההנדסה בפרויקט המחשב של פון נוימן. עזרו לידו שני מהנדסים צעירים: צבי ריזל – שסיים את עבודתו בחיל האויר ואביעזרי פרנקל – בוגר הטכניון העברי בחיפה, שאר זה גמר את שירותו הצבאי. השלישיה אסטרין־ריזל־פרנקל פעלה תחת עינו הפקוחה של פקריס, כשהיא מסתייעת במדענים, מהנדסים וטכנאים מעובדי המכון וכאלה שגוייסו לפרויקט מבחוץ. אף כי רבים מחלקיו של הוויצאק היו תוצרת כחול־לבן, הרי יש לזכור כי מלכתחילה התכוונו לבנותו לפי מודל מחשב פון נוימן. מכאן שהמבנה המיכני והארכיטקטורה הכללית של שניהם היו דומים, ואולם בוויצאק בוצעו מספר שינויים שאינם קיימים בדגם האב־טיפוס. הבדלים אלה של שני המחשבים נבעו מהעובדה שהוויצאק תוכנן ונבנה 8 שנים לאחר מחשב פון נוימן. צוות הוויצאק נהנה מפירות עבודת החלוץ שנעשתה בפרינסטון. כמו־כן חלו באותן שנים שינויים טכנולוגיים רבים שהעמידו כלים ושיטות חדישים לבוני מחשבים. ההבדלים בין שני המחשבים מתמקדים במרכיבים הבאים:

1. **זכרון.** בוויצאק פעלו שני סוגי זכרונות שלא היו במכונת פון נוימן, שזכרונה היה משפופרות. הזכרון הראשון של הוויצאק היה תוף מגנטי שנבנה בבית המלאכה להנדסת מכשירים של המכון. באותם הימים שימש התוף המגנטי אמצעי זכרון חסכוני ואמין יותר מזה של זכרון השפופרות. גודל הזכרון היה 1024 מילים, כאשר כל מילה מכילה 40 ספרות בינריות. בסתיו 1956, כשנה ומחצה לאחר הפעלת הוויצאק, הותקן בו זכרון חדיש מטבעות, פריט שהחליף את התוף המגנטי. יחידת זכרון הטבעות שנרכשה בארה"ב, פותחה ע"י חברת "טלמר מגנטיקס" שבקליפורניה. זכרון זה היה פי 4 (!) יותר גדול מזכרון התוף והכיל 4096 (4K) מילים. כאשר כל מילה מורכבת מ־40 ספרות בינריות. בעקבות התקנת זכרון הטבעות, גדלה מהירות החישובים בוויצאק פי 500 (!).

2. **בקרה.** השלישיה אסטרין־ריזל־פרנקל, שלמדה את לקחי קבוצת פון־נוימן, החליטה לתכנן את הבקרה מחדש, באופן שתתאים לזכרון טבעות פריט. הבקרה שנבנתה היתה אסינכרונית לעומת הסינכרונית (שפעלה לפי שעון) במחשב פון נוימן. בקרת הוויצאק איפשרה יותר תיאום בין מרכיבי המערכת, וייעלה את פעולות החישוב.

3. **קלט־פלט.** בוויצאק פותחו אמצעי ק/פ חדישים שעיקרם: קורא/כותב סרטי־נייר. מכונת/כתיבה שעבדה הן בתור מדפסת והן בתור Flexo-writer. כמו־כן הותקנו כונני סרטים, ונבנתה עבורם בקרת־סרטים עשויה טרנזיסטורים, שהיתה ראשונה מסוגה בעולם. לצורך קישור בקרה זו ליחידה האריתמטית שהכילה 2000 שפופרות, נבנה ממשק־חומרה מיוחד. וכך נתאפשר לשתי צורות של טכנולוגיות – שפופרות וטרנזיסטורים לפעול במערכת אחת. התקנת בקרת הסרטים איפשרה כושר העברת נתונים מהסרטים למחשב במהירות של 8500 בתים בשניה! דבר זה נחשב באותם ימים למהירות גבוהה להתקן פריפריאלי זה.

יש להדגיש כי כל השיפורים והשינויים בוויצאק בוצעו בהדרגה במשך 5 השנים הראשונות לפעולתו. השימוש בטרנזיסטורים בבקרת הסרטים התאפשר ב־1958, לאחר הבשלת טכנולוגיה זו – עשר שנים לאחר המצאתם של ויליאם שוקלי, ג'ון ברדיין וולטר בראטאין את הטרנזיסטור.

נוסף לשלושת ההבדלים, בין הוויצאק לבין מכונת פון נוימן, שפורטו לעיל, נעיר כי היו הבדלים אחרים, אך לא נתעכב עליהם במסגרת זו.

בתחילת 1961 חיברו לוויצאק עוד שתי יחידות זכרון בטבעות בנות 4000 מילה. תוספת זו סייעה במקצת לעומס החישובים הרב שהוטל אז על הוויצאק. תוספת זכרון זו מציינת למעשה את סוף הפיתוח וההרחבה שביצעו בוויצאק.

בדצמבר 1963 חדל הוויצאק לפעול. במשך 9 שנות פעולה צבר הוויצאק 55,757 שעות עבודה, כשמתוכן 46,151 שעות חישוב. זהו הישג שכל מחשב בכל זמן שהוא יכול להתגאות בו; הן מבחינת כמות והן מבחינת איכות. שכן אחוז הנפילות והתחזוקה המונעת בוויצאק היה נמוך, הן בהשוואה למחשבים מסוגו והן לכאלה מסוג מתקדם יותר.

גדולתו של הוויצאק באה לידי ביטוי לא רק בתכנונו ובבנייתו, דבר שהוא הישג הנדסי מרשים, אלא גם בפיתוח התיכנות למחשב זה. יש לזכור שבאותם ימים, שפות תיכנות טרם פותחו, שלא לדבר על מערכות הפעלה במובן שהיכרנו עשר שנים מאוחר יותר. שפות התיכנות העיליות, להן התרגלנו מאז תחילת שנות ה־60, החלו להתפתח במרוצת שנות ה־50. היתה זו פורטרן בגירסתה הראשונה שפורסמה בשנת 1957 על מחשב י.ב.מ 704. בשנות ה־50 השתמשו ברוב המכונות בשפות מכונה שנקראו "מערכות תיכנות אוטומטיות". אף לא אחת משפות אלה עונות על הקריטריונים המקובלים עלינו כשפה עילית. השיפורים שנעשו אז היו בכיוון של כתיבת שפת אסמבלר שהופיעה יותר מאוחר עם פיתוחם של אסמבלרים – היינו תכניות תירגום משפת מנמוניק לשפת מכונה.

התוכניתנים הראשונים של הוויצאק היו האנס ירוש ופנחס (פיני) רבינוביץ. האנס הגיע למכון באוקטובר 1954, והחל אז לכתוב את תכניות הדיאגנוסטיקה של הוויצאק, יחד עם צבי ריזל ואביעזרי פרנקל. יותר מאוחר עבד כחוקר בהנחיית פרופ' פקריס לתואר Ph. D בנושא תנודות כדור הארץ. פיני רבינוביץ הגיע למכון באמצע 1955. נוסף להיותו מתמטיקאי בעל מוניטין בינלאומי בתחום האנליזה הנומרית, היה פיני "התוכניתן הראשי" של הוויצאק. תחילה העביר פיני קורסים בסיסיים בתיכנות למהנדסי הוויצאק ולמשתמשים מקרב המדענים וממשרדי

הממשלה, יותר מאוחר העביר קורסים בתיכנות ואנליזה נמרית לעובדי הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה והאוניברסיטה העברית.

איך נראתה שפת הוויצאק? המשתמש – המדען או התוכניתן, היה מנסח את בעיותיו ומקודדים בשפת מנמוניק. אחר-כך היה מתרגם-רושם על טופס קידוד את התכנית בספרות הקסא-דצימליות. היה עליו להקפיד על חישוב הכתובות בזכרון וכתובות ההסתעפות. טפסי הקידוד נקבו במכונת ניקוב סרטי-נייר. התכנית והנתונים נטענו לוויצאק ע"י קורא סרטי-הנייר. טעות בתכנית או בנתונים חייבה ניקוב מחדש על סרט-נייר אחר.

פיני לימד את המשתמשים איך לעבוד עם הוויצאק באופן נכון ויעיל. הוא תיכנן ובנה מערכת סברוטינות לשירות המשתמשים, שכללו, בין השאר, את הנושאים הבאים: היפוך מספרים מבסיס לבסיס; חישוב פונקציות טריגונומטריות, היפרבוליות, אקספוננציאליות ולוגריתמיות; כפל וקטוריאלי במטריצה ממשית ומורכבת; הוצאת שורש ממשי ומורכב; אינטגרציה, חישוב פולינומים, אריתמטיקה בנקודות בינריות זורמות ואחרות. נוסף לסידרת סברוטינות בסיסיות אלה, פיתח פיני את כל נושא ה"תוכנה" של וויצאק. ובכלל זה מערכות אינטרפרטיביות לנקודה צפה, מימשקים להתקני קלט-פלט, ותכנית לטעינת (Loader) סברוטינות השירות וקשירתן לתכניות המשתמש, כמו-כן יעץ פיני למשתמשים איך לעשות שימוש יעיל ונכון בסברוטינות אלה.

עוצמת הישגיהם של מהנדסי ומדעני המחלקה למתמטיקה שימושית, אינה רק בעצם תכנון הוויצאק והפעלתו, אלא גם בעובדה שפרופ' פקריס וצוות עוזריו היו בין הראשונים בעולם שהשתמשו במחשב לצורך פיצוחן של בעיות מדעיות סבוכות, שפתרונן נראה באותם ימים בגדר חלום. פרופ' פקריס היה המשתמש העיקרי של הוויצאק וחלק נכבד ממחקריו נסחו ותוכנתו על הוויצאק ע"י סטודנט בשם יגאל אכד. יגאל, שגדל והתחנך על ברכי המחשבים במכון ויצמן, עובד כיום כחוקר בכיר במחלקה למתמטיקה שימושית במכון. עיקר הבעיות שנחקרו על ידי מדעני המחלקה ובראשם פרופ' פקריס, ושהורצו על הוויצאק היו:

1. ספקטרוסקופיה אטומית.
2. ספקטרום של כדור הארץ.
3. סייסמולוגיה תיאורטית.
4. גיאות ושפל בימים.
5. תופעת ההולכה בגלים דלילים.
6. דינמיקה של נוזלים.
7. קריסטלוגרפיה בקרני X.
8. בעיות בהידרודינמיקה.
9. מכניקת נוזלים.
10. בעיות באנליזה נמרית.

הפעילות הענפה של המחלקה למתמטיקה שימושית, המשיכה להתפתח גם לאחר תום תקופת הוויצאק. ביום העצמאות הל"ב למדינת ישראל הוענק לפרופ' פקריס פרס ישראל בפיסיקה. בדברי חבר השופטים נאמר, בין השאר:

"פרופ' חיים לייב פקריס הוא חוקר רב-צדדי, שעסק בתחומים רבים של המדעים המדוייקים ובכל אחד מהם הגיע להישגים יוצאים מן הכלל. הוא נמנה עם גדולי העולם במתמטיקה שימושית (בתחומי המטאורולוגיה העיונית, יציבות הידרודינמית, התפשטות גלים אלקטרומגנטים). ותרם תרומות מכריעות לפיסיקה של כדור-הארץ, מכניקה סטטית ופיסיקה אטומית. בכל הנושאים האלה השיג תוצאות, שהשפיעו רבות על התפתחות המחקר בעולם.

...הישגיו של פקריס זכו לפרסום רב ולהכרה בינלאומית... ...ביוזמתו של פקריס נבנה במחלקתו המחשב האלקטרוני הראשון בארץ (וויצאק). מחשב זה פעל שנים רבות, ועליו התחנכו דורות של מפעילים ומתכנתים שעברו אחרי כן לעבוד במחשבים אחרים ברחבי הארץ. בפעולה זו הניח פרופ' פקריס את התשתית לעידן המחשבים בישראל".

נוסף לאנשי המחלקה למתמטיקה שימושית, נמנו מדעני המחלקות פיסיקה וכימיה עם משתמשי הוויצאק. משתמשים נוספים היו מהלשכה המרכזית לסטטיסטיקה ומערכת הבטחון. יקצר המצע מלתאר את התרומה הרבה של הוויצאק ליצירת התשתית למיחשוב מוסדות אלה. נזכור כי הוויצאק היה המחשב היחידי בישוב בתקופה ההיא, ואליו עלו לרגל כדי ללמוד תורה מפיו.

המחשב הראשון שנרכש ע"י הממשלה היה "פילקו" S-2000, והוא הגיע לארץ רק באפריל 1961. על ברכיו של הוויצאק חונך דור של משתמשים ואנשי מחשב – מדענים, מהנדסים, מתכנתים ומפעילים. החלוצים של הוויצאק נמנו בשנות השישים על חבר המייסדים של איל"א – "איגוד ישראלי לעיבוד אינפורמציה" עליהם נמנים: חיים לייב פקריס, אביעזרי פרנקל, צבי ריזל, יוסף גיליס, מנחם דוויטש-דישון, האנס ירוש, פיני רבינוביץ, שמיל רוכמן, מירון מלמן ועוד רבים אחרים.

תרומת הוויצאק למיחשוב בישראל ניכרת בתחומים רבים, אך בראש וראשונה לקידום המחקר המדעי. בדברי נעילה בכנס איל"א ה-5 שנערך בירושלים בשנת תשכ"ט, 1969, עמד נשיא איל"א פרופ' יוסף גיליס על מקומם של המחשבים בפיתוח המדעים, ובכלל זה המתמטיקה. בין השאר אמר גיליס: "המחשבים האלקטרוניים באו למדע, למדעים המדוייקים, אולי בזמן 'האופטימלי'. אחרי פיתוח אינטנסיבי של מתמטיקה שימושית במשך 200–150 שנה, הצטבר ידע ענקי, ואז באו מחשבים אלקטרוניים, שיכלו ליישם את הידע הזה, לנצל אותו, ולקדם את המדע. ייתכן מאוד, לא רק ייתכן, אני בטוח בכך, שאילו על-ידי איזה מקרה היה מצליח בבג' לפתח מחשב אלקטרוני 100 שנים לפני שפותחו המחשבים באמת, הרי כל הפיתוח התיאורטי של המתמטיקה השימושית, לא אגיד שלא היה מתקדם, אך ודאי לא ברמה ובאינטנסיביות הזאת".

ובהגיעך לביקור במכון ויצמן למדע ברחובות, סור לבנין זיסקינד שהוא הבנין הראשון של מכון ויצמן, שהוקם לאחר בנין "המכון למחקר" ע"ד דניאל זיו. בבנין זיסקינד שוכנת מיום היווסדה המחלקה למתמטיקה שימושית וכן מרכז המחשבים הראשון של המכון. כאן בלובי של בנין זיסקינד שוכנת לה כבוד היחידה האריתמטית שהיא לב הוויצאק מנוחתו עדן. הוא הפך להיות תפאורה ללובי של בנין זיסקינד, תזכורת לתקופת החלוצים של התפתחות המחשבים והמיחשוב במכון ויצמן למדע ובמדינת ישראל.



הגולם

שלמה יחיא



צילם: שלמה בן־צבי

בראשית 1960 החליטה הנהלת המחלקה למתימטיקה שימושית, בראשות פרופ' חיים לייב פקריס, על תכנונו ובנייתו של מחשב אלקטרוני חדש שיחליף את הוויצאק. המח־שב החדש היה אמור להיות מהיר פי 100 מהוויצאק ופי 10 ממחשב "פילקו 2000" שהופיע באותם ימים.

תחילה כונה המחשב החדש בשם "וויצאק־2". אולם פרופ' גרשון שלום מהאוניברסיטה העברית בירושלים, הגה את הרעיון לשנות את שמו ל"גולם". זאת על שום הדמיון שמצא בהתנהגות הלוגית בין המחשב החדש לבין הגולם – מפלצת מיסטית העשר־יה מחומר ודומה לדמות אנוש; גולם זה נברא לפי סיפור האגדה בפראג במאה ה־16, ע"י המהר"ל.

פרופ' שמואל רוכמן, שהיה באותם ימים מדען צעיר שעשה חייל בשטח הנדסת המחשבים בארה"ב, שוכנע ע"י פרופ' פקריס לבוא לשנת שבתון למכון ויצמן ברחובות. רוכמן נטש את ארץ האפשרויות הבלתי־מוגבלות והגיע עם רעייתו לרחובות בשנת 1961, במסגרת קרן פולברייט. שנת השבתון הפכה לבסוף לישיבת קבע במחלקה למתימטיקה שימושית. הוא נתמנה להיות ראש פרוייקט הקמת הגולם במכון. רוכמן הקים צוות מהנדסים וטכנאים, ובראשם צבי ריזל – שהיה בצוות פיתוח הוויצאק, ומירון מלמן – מהנדס צעיר שעלה ארצה מארה"ב. מדעני המחלקה וצוות המתכננים החליטו על בניית מחשב שיהא העתק עם שינויים מקומ־יים של "אילאק 2", שנבנה באותם ימים באוניברסיטת אילינוי. המהנדס מירון מלמן שהה באותן שנים באילינוי, ונמנה על צוות ההקמה של ה"איליאק 2". מלמן שכונה "האיש שלנו באילינוי", פיתח דיאלוג מדעי־הנדסי מקיף עם צוות ההקמה ברחובות ובראשם שמואל רוכמן וצבי ריזל. מלמן, שפעל בחזית פיתוח המחשבים בארה"ב, עידכן את הצוות במכון ויצמן על הנעשה בשטח ההנדסי בארה"ב בכלל ובאילינוי בפרט. אל נשכח כי באותן שנים היה פיתוח מואץ של טכנולוגיות הנדסיות חדשות הקשורות בבנית מחשבים בחברות מסחריות ובמכוני מחקר. כדי להיות בתמונת הפיתוח, היה הכרח לעקוב מקרוב אחרי הפיתוחים החדשניים שנעשו במעבדות המחשבים בארה"ב.

מחשב הגולם היה שונה ומתקדם יותר מהאב־טיפוס שלפיו נבנה, ה"איליאק 2". עיקר ההבדלים היו:

1. **מחבר מקבילי.** המחבר נבנה לשם אחסון העלאות במחבר החשבוני הראשי. היחידה האריתמטית הכילה מספר יחידות חיבור כמספר הספרות המצויות בפעולה הנדרשת. לפיתוח המחבר היתה משמעות עצומה למחשב כמו הגולם, שנבנה בגודל מילה של 75 ספרות בינריות, עם נקודה צפה. הגולם נבנה כך שיאפשר ביצוע חישובים מדעיים בדיוק גבוה ובייצוג כפול.

2. **יחידת בקרה בעלת כושר סקירה מוקדמת.** יחידה זו נבנתה בשל אופי העיבודים שיועדו לגולם, שאופיינו במספר רב של חישובים. ביצוע פעולת חשבון דרש מספר גדול, יחסית, של גישות לזכרון להבאת הפקודה והמספרים. באותה עת היתה היחידה החישובית בטלה מפעולה. תפקידה של יחידת הבקרה החדישה היתה לסרוק את ההוראות הבאות בתור ולהכין את המספרים לפעולה הבאה. זאת בשעה שהיחידה החישובית היתה עסוקה בביצוע פעולותיה. שיפור זה ושיפורים נוספים בבקרת יחידת הקלט/פלט אל הזכרון וממנו, איפשרו פעולה מקסימלית של היחידה החישובית ללא השהיות הנובעות מהבאת הנתונים אליה.

3. **מנגנון דיוק כפול.** נסיון עבודת מדעני המכון בפתרון בעיות לוויצאק הוכיח את הצורך בדיוק גדול יותר; הייני, מספרים בעלי מספר ספרות רב יותר. אורך המילה בגולם היה 75 ביטים; מהם 64 למנטיסה, 1 לסימן ו־10 לאקספוננט, וכל זאת במילה בייצוג רגיל. בייצוג כפול אורך המילה 150 ביטים; כאשר 128 ביטים למנטיסה, 1 לסימן ו־10 לאקספוננט. החישובים שבוצעו במנגנון הנקודה הצפה הביאו לדיוק של 19 ספרות עשרוניות בגולם, לעומת 12 באיליאק ובוויצאק. בעוד שבוויצאק היה מנגנון הייצוג הכפול בנוי מתכניות־רוטינות, הרי בגולם הוא היה בנוי בתוך המעגלים. מנגנון הדיוק הכפול והחישובים בנקודה צפה לא גרעו ממהירות החישובים של היחידה האריתמטית.

4. **מעגלים לוגיים.** צוות הפיתוח של הגולם בראשות השלישיה רוכמן–ריזל–מלמן ביצע עבודת מחקר יסודית בנושא המעגלים הלוגיים. הדבר התבקש בשל העובדה כי מחשב האב־טיפוס "איליאק 2", נבנה בצורה מסורתית לאותם ימים והיה גדול־מימדים. הוא הכיל עשרות אלפי טרנזיסטורים, וצרך כוח הספק רב של חשמל. הדבר גרם לקשיי תחזוקה שלא לדבר על עלותם הגבוהה של הרכיבים שהיו קשים להשגה באותם ימים. צוות ההקמה של הגולם שם לו למטרה להפחית את מימדיו ואת כוח ההספק של המכונה לעומת ה"איליאק 2" במספר סדרי גודל, וכן לשפר את מערך הטרנזיסטורים. צוות המהנדסים שעשו במלאכה כלל, בין השאר, את ראובן דה־רוס, יעקב רוטשילד, גדעון אדלבויים ועמירם כספי. הצוות פיתח מעגל לוגי פשוט, יעיל ובעל מרכיבים הצורכים כוח הספק נמוך, יחסית, למקובל באותם ימים. המרכיבים חוברו עם מעגלים מודפסים שפותחו במעבדות המכון.

השיפור איפשר בניה צפופה של המעגלים, והפחתת מימדי המחשב וכוח ההספק שלו – פי 10 מזה של ה'איליאק 2". כל זאת נוסף למהימנות גבוהה יותר של מרכיבי המערכת וביצוע פעולות תחזוקה בזמן קצר ביותר. פיתוח המעגלים במעבדות המכון הוזיל בסיכומו של דבר את עלותו הכללית של המחשב, הן בהשקעה הראשונה, והן בתחזוקה שוטפת לאורך זמן.

גולם א' החל לפעול ב־29 בדצמבר 1963. התברר כי התחזיות שתלו בו אכן התאמתו. בשנת 1964 פותחה בגולם מערכת סרטים מגנטיים. בשל ההצלחה הכבירה של גולם א' הוחלט לבנות מיד מחשב נוסף, זהה לו, שיסייע לצרכים ההולכים וגדלים של מדעני המכון. גולם א'2 הושלם ב־1966.

מחיר פיתוחו של גולם א' היה 350,000 לירות. זאת בהשוואה למחירו של מחשב דומה באותם ימים שעלה 1,750,000 לירות!!!

גם הוצאות התחזוקה של הגולם היו נמוכות ביחס דומה מאלה של מחשב אחר בשוק המחשבים באותם ימים.

מבחינת מהירות הביצועים ניתן להשוות את גולם א' למחשבים IBM7094, פילקו 212, או CDC3600. אולם שלושה מחשבים אלה היו מיועדים ליישומים מסחריים, ויקרים פי 3 מאשר הגולם.

שני מחשבים אחרים מאותם ימים היו "פרנטי אטלס" ו־CDC6600. אלה עברו את הגולם במהירות הביצועים, ומחירם היה גבוה פי 6 ממחיר הגולם.

בשנת 1967 הוחל בתכנון גולם ב' שהיה מהיר פי 10 מגולם א', ובעל זכרון בן 130,000 מילה, לעומת זכרון בן 32,000 מילה שהיה לגולם א'. גולם ב' נבנה בטכנולוגיה חדישה והיה מתוחכם יותר מגולם א'. מדעני המכון הקימו מעבדה מיוחדת לבנית 400 מעגלים משולבים ולבדיקתם. למרות הקשיים והעיכובים שעמדו בדרכו של גולם ב', הוא הושלם ונכנס לפעולה ב־1974. עם הפעלתו הופסק בהדרגה השימוש במחשבי גולם א', שהפכו למיושנים. גולם ב' שרת את הצרכים המחקריים של מדעני המחלקה למתמטיקה שימושית ומכון ויצמן עד שנת 1984.

מעבר להישג ההנדסי־מדעי של בוני מחשבי הגולם, יש לזקוף לזכותם תרומה גדולה לחינוכו ולטיפוחו של דור שלם של טכנאים ומהנדסים שעבדו במחיצתם.

רבים מאלה שהחלו את דרכם המקצועית במעבדות המחלקה, משמשים כיום בתפקידים מקצועיים וניהוליים בכירים בחברות תקשורת ואלקטרוניקה בארץ. דור שלם של מאות מדענים ומהנדסים גדל בצילם של ה"גלמים" מרחובות; מכוני מחקר ומוסדות הוראה בארץ ובעולם הוקירו את פעלם של חלוצי המחשבים מרחובות והעריכו את תרומתם לקידום ענף המחשבים ולמחקר ביתר ענפי המדע.

בשנת 1970 זכה צוות ההקמה של גולם א' להוקרה על תרומתו לפיתוחה הטכנולוגי של מדינת ישראל. לשלושת המפתחים, רוכמן־ריזל–מלמן, הוענק פרס רוטשילד למדעים. בטכס חגיגי שנערך בבנין הכנסת בירושלים העניקה את הפרס לצוות המדענים הגב' דורותי – אלמנת הברון ג'יימס דה־רוטשילד, נכדו של "הנדיב הידוע". במגילת הפרס נאמר בין השאר: "שלושת המדענים קיבלו במשותף את הפרס בהנדסה על התכנון המתוחכם של המחשב האלקטרוני במכון ויצמן, אשר עורר את קנאתם של מוסדות מחקר גדולים בעולם".

המחשבים שהוקמו במחלקה למתמטיקה שימושית במכון ויצמן למדע, רחובות

	וויצאק	גולם א' שני מחשבים	גולם ב'
שנות פעולה	1955–1963	1964–1974	1975–1983
גודל זכרון (במילים)	4096	32768	131072
גודל מילה	40	75	64
מבנה אריתמטי	נקודה קבועה 1 ביט לסימן 39 ביט למנטיסה	נקודה צפה 1 ביט לסימן 10 ביט לאקספוננט 64 ביט למנטיסה	נקודה צפה 1 ביט לסימן 7 ביט לאקספוננט 56 ביט למנטיסה
זמן פעולת כפל (במיקרושניות)	800	8	0.8
אמצעי קלט/פלט	סרט נייר סרט מגנטי	כרטיסיות מנוקבים מדפסת סרטים מגנטיים דיסק	כרטיסים מנוקבים מדפסת סרטים מגנטיים דיסק

היו ימים (זכרונות ארץ ישראל)

אבנר טוקר

אם יש את נפשך לדעת את המקור ממנו החל עיבוד הנתונים האלקטרוני בישראל, לך אל מכון ויצמן ברחובות לבנין זיסקינד. שם, בקומת הקרקע תמצא כמה מחלקיו של מחשב ה"וויצאק", הראשון למחשבים בישראל. אחד מן האנשים הקשורים למחשב זה ולראשית המיחשוב בישראל הוא פרופ' פנחס רבינוביץ, מהמחלקה למתמטיקה שימושית במכון ויצמן. פרופסור רבינוביץ נאות להעלות עימנו מעט מעברו המקצועי:

התחלתי לעבוד במכון ויצמן ב־1955. כשהגעתי למכון היה כבר הוויצאק, שנבנה במקום על פי הדגם של המחשב הקלאסי שבפרינסטון, המחשב של פון נוימן. מהדגם הזה היו כבר כמה מחשבים, באילינוי, באוק־רידג', בלוס־אלאמוס, בפרינסטון ואני חושב שהיה אחד גם באוסטרליה. זו היתה משפחת מחשבים, אף אחד לא דמה לגמרי לשני, אבל במעט כל אחד דמה לשאר המחשבים מסוג זה.

ג'רי אסטרין, שעבד במחשב בפרינסטון בא הנה ואסף צוות של מהנדסים וטכנאים אשר בנו את הוויצאק. כשהגעתי למכון, ג'רי כבר עזב.

המחשב נבנה ע"י פרופ' פקריס, ופקריס היה הרוח החיה בהקמתו. הענין שלו היה להשתמש במחשב לעבודות מדעיות וגיאופיסיות שלו. ד"ר הנס ורמש עבד עם פקריס על בעיות של גיאופיסיקה, והיה לו נסיון במחשבים, שרכש באנגליה. אני רכשתי את נסיוני בארה"ב ב־National Bureau of Standards. הפעולות האריתמטיות בוויצאק היו מהירות אך לא הזכרון. כשבאתי למכון המחשב עבד עם זכרון של תוף, אבל תכננו זכרון של ליבה מגנטית עם ארבעת אלפים תאים, זכרון ענק בימים ההם, וגם מהיר לעומת התוף. הזכרון המגנטי הגיע ב־1956 או 1957.

לוויצאק לא היתה כל תוכנה והקלט והפלט היחידים היו סרט נייר. (הערת השומע: למי שלא הכיר סרטי נייר – בכל שורה של סרט נייר יש אפשרות לנקב חמישה נקבים, או לא לנקב וכך נוצרים 32 צירופים אפשריים. הצירוף של חמישה אי־ניקובים אינו נחשב כסימון, אך בעזרת סימון למצב עליון ומצב תחתון יש אפשרות להציג 58 תוים שונים). לא השתמשו בקוד של הטלקס, אלא בקוד אחר שהיה מתאים יותר ל־flexowriter (מין מכונת כתיבה המופעלת ע"י סרט נייר) שהיה ספרתי. היו חמישה ערוצים על הסרט אבל השתמשו רק ב־4 מהם (היה צורך להציג רק 10 ספרות). מילה במחשב היתה 40 סיביות, כלומר עשר שורות של 4 סיביות על הסרט עבור כל מילה.

התיכנות נעשה בצורה הבאה: התכנית נכתבה בצורה סימבולית, ואחר כך התוכניתן היה מתרגם אותה לקוד מחשב – הכתובות אבסולוטיות והפקודות בקוד הקסדצימלי. התכניות נוקבו על סרט נייר והוכנסו לקורא סרטי הנייר.

כיון שלא היתה כל תוכנה, התחלתי בהכנת תכנית לטיפול בשגרות, כדי שניתן יהיה לכתוב שגרות משותפות בצורה סטנדרטית. השגרות היו נטענות לזכרון לא במקום שעבורו הן נכתבו, והיה צורך לשנות חלק מהכתובות בתוכן. כתוצאה מכך נכתבו שגרות שתפקידן לאפס את הזכרון, לתרגם מבינרי לעשרוני ולהיפך, וכל הפונקציות הפשוטות. כן נכתבה שגרה ל־floating point כי המחשב עבד ב־fixed point. השתמשו רק ב־4 ניקובים בסרט הנייר ולכן אי אפשר היה להכניס נתונים אלפאנומריים, אלא רק תוים הקסדצימליים. השתמשו באותיות A עד F של האלפאבית ההקסדצימלי עבור סימני פלוס ומינוס ועבור נקודה.

בהוראת מחשב היו 20 סיביות – 8 לפקודה, 12 לכתובת. 12 סיביות לכתובת הספיקו לכתובת ארבעת אלפים תאים. באופן תיאורטי היו 256 פקודות, אבל למעשה היו פחות, כמו: חיבור, איפוס צובר, איפוס צובר והכנסת מספר לתוכו, כפל עם עיגול ובלי עיגול, אחסון, הזזה, קפיצה, הדפסה. בכל הוראה היתה רק כתובת אחת. לא היה index register, ולכן שינוי כתובות נעשה בתוך הזכרון. אחר כך נכתב interpreter שקיבל פקודה של 4 סיביות ושלוש כתובות של 12 סיביות כל אחת.

תיקוני תכניות היו בעייתיים בעיקר כשהיה צורך להוסיף פקודה. הדרך היחידה לעשות זאת היתה לקפוץ לסוף התכנית ע"י שינוי הפקודה לפני הפקודה הנוספת. בסוף התכנית היו חוזרים על הפקודה שהושמטה ורושמים את הפקודה הנוספת וכן פקודת חזרה לפקודה לאחר הקפיצה.

בעת עבודת המחשב נשמעה כעין מוסיקה. היו תכניות שהיה להן צליל משלהן. במקרים מסוימים ניתן היה לשמוע כשתכנית נכנסת ללולאה. אם היו מצפים ללולאה של אלף פעמים והיתה נשמעת מנגינה נמשכת ידעו שהתכנית לא יצאה מהלולאה.

המחשב עבד במהירות עצומה, חיבור נמשך 10 מיקרושניות, כפל וחילוק – הרבה יותר זמן. גם הזכרון היה מהיר. חיפשנו אפשרויות לחסוך מקום וזמן ולהיות יעילים. בשלב כלשהו נוספו גם סרטים מגנטיים.

השתמשו בוויצאק לכל מיני עבודות, בשטחים שונים. רוב הזמן הוקדש לעבודות של פקריס בפיסיקה ובמתמטיקה שימושית.

המחקרים של פקריס היו בין המחקרים החשובים במכון ויצמן, הוא כתב מאמרים רבים ועשה עבודה חשובה בגיאופיסיקה, אחר כך עבר לפיסיקה אטומית.

שימוש ניכר במחשב נעשה ע"י פרופ' רקח מהאוניברסיטה העברית שבא עם תכניות מהמחשב באוק־רידג' בארה"ב, תירגמתי לו אותן לוויצאק. מחלקות נוספות מהמכון שהשתמשו במחשב היו המחלקה לקריסטלוגרפיה ופרופ' דוסטרובסקי, איתו עבדתי על חלקיקים ותכניות של מכון ויצמן בפיסיקה גרעינית.

כשבאתי למכון ויצמן היה חדר עם מכונות חישוב חשמליות ובנות שישבו וחישבו אינטגרלים מסובכים עבור פקריס, אחר כך העבירו זאת למחשב.

כשמשווים את העבודה בוויצאק להיום – התכניות היו פשוטות בהרבה, היו צריכים לחשוב הרבה מראש, השתמשו הרבה ב־dump והיו מסתכלים אם יש בתא מסוים מה שצריך להיות בו.

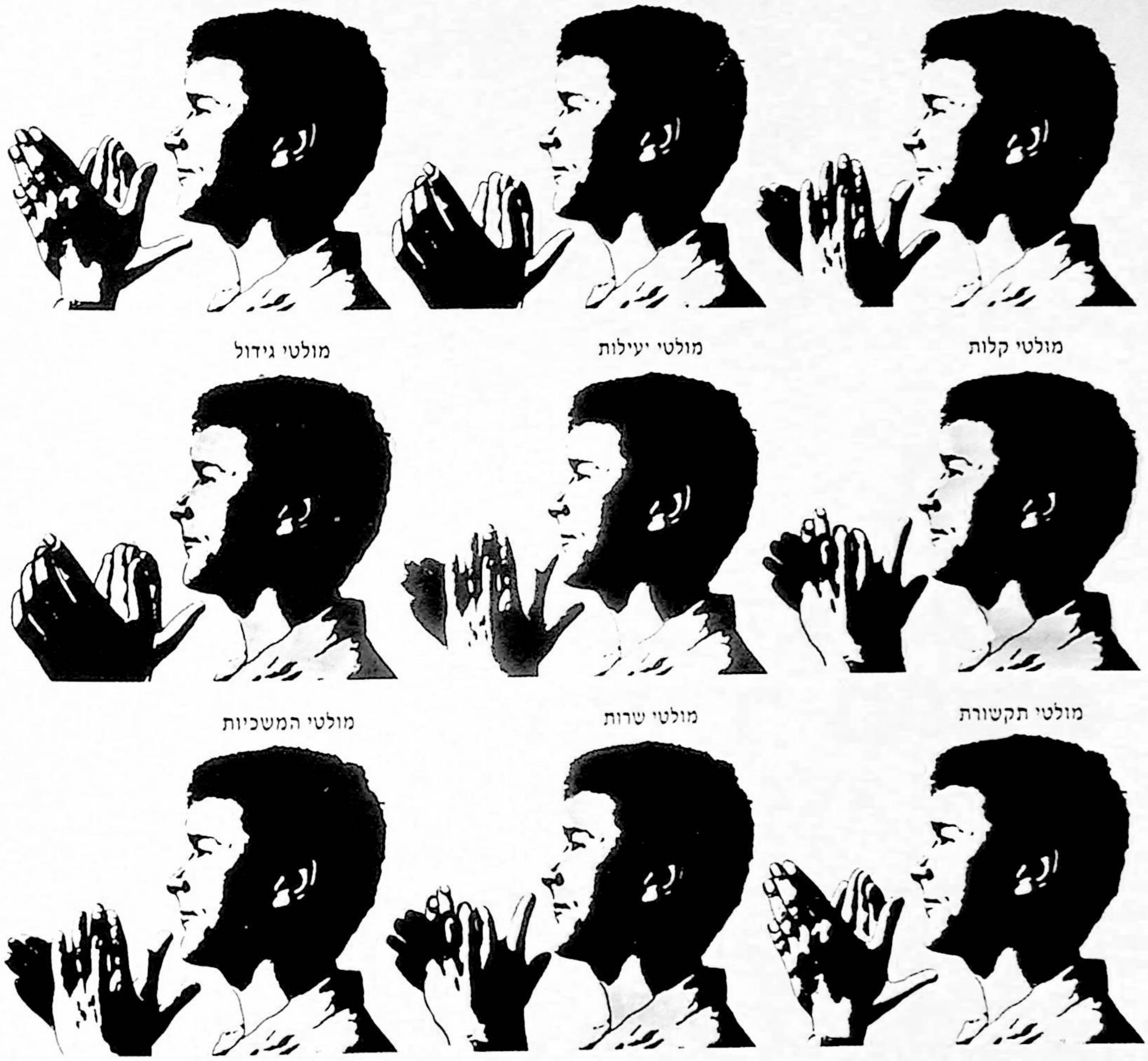
החשיבות הלאומית של הוויצאק היתה בכך שאנשים במדינה למדו ממנו מה זה מחשב. הוא פעל די הרבה שנים. המחשב השני שהגיע לארץ היה הפילקו לצבא. היה לו זכרון גדול ויע"מ גדול.

כמה דברים הפרידו בין הפילקו לוויצאק – היתה מערכת הפעלה, היתה שפה עילית (ALTAC); וכן אסמבלר. המחשב היה מהיר יותר, הקלט־פלט היה אלפאנומרי, ועיקר הקלט נעשה מכרטיסים מנוקבים.

במחשב הפילקו היתה שפה לעיבוד נתונים בשם TOPS, קרובה לאסמבלר, ונערך דיון אם לכתוב תכניות ב־TOPS או בקובול, שהיה אז די פרימיטיבי. עזרתי להכריע את הכף נגד TOPS. היו שטענו שקובול לא הכי יעיל, אבל ליכט טען נגד TOPS, שלא נוכל להעביר תכנית למחשב אחר, וקיבלו את דעתו.

ב־1963 הגיע למכון מחשב חדש – CDC1604, בעל מערכת הפעלה ופורטראן. היו שהתנגדו לפורטראן. היבעתי את דעתי שברגע שיתחילו לכתוב בפורטראן – יחדלו לכתוב בשפת מחשב. האנשים המומחים בכתיבה בשפת מחשב חשבו שימשיכו בכך. אחרי זמן קצר מאד כולם כתבו בפורטראן. היתרון של פורטראן הוא שהזמן מקבלת הבעיה עד לפתרון קצר יותר, אחר כך ניתן לכתוב קטעים מסוימים בשפת מחשב. אחר כך התחילו לבנות את הגולם.

רעיון יבמ: מולטי־מחשב AS/400





חדש!

AS/400 משפחת מחשבים חדשה של יבמ המספקת פתרון מושלם במחיר אטרקטיבי במיוחד, לעיבוד נתונים בעסקים קטנים ובינוניים ולמחלקות בארגונים גדולים. במשפחה ששה דגמים הפועלים באופן אחיד ובעיצוב חדיש. כל אחד מהם עוצב לענות על צרכים מגוונים של משתמשים בתעשיה במסחר ובשרותים.

ב־AS/400 יושם הנסיון העשיר שצברה יבמ במערכות העסקיות הפופולריות יבמ/36 אשר יותר מ־275,000 כמותן מותקנות ופועלות במאות אלפי ארגונים ועסקים, ברחבי העולם.

מולטי מחשב AS/400 מצטיין בביצועים מעולים, אפשרויות גידול נרחבות, הפעלה נוחה וקלה, הגדלת היצרנות והיעילות ועוד שורה ארוכה של חידושים המבטיחים תמורה מירבית להשקעתך.

IBM יבמ

AS/400 ההחלטה הנכונה מעולם לא היתה קלה יותר

המיחשוב בחברה הישראלית-הווה ועתיד
הכנס ה־23 של איל"א

מדיניות לאומית לשירותי מידע

ד"ר בט ארז, ד"ר דליה כהן, ב. גולצ'בסקי

בבסיס המחקר עומדת ראיית המידע כ־Informatique, הווה אומר, הן מן ההיבט הטכנולוגי של הטיפול במידע, הכרוך ביצירה, איסוף, עיבוד, אחסון, הפצה ושימוש במידע, והן מן ההיבט התוכני, הכרוך בקביעת החלטות המתיחסות למידע עצמו, כגון: קביעת כללים אחידים לקליטתו ואספקתו, סינון המידע הנקלט וסיווגו, הקמת מערכות מידע נושאיות מרכזיות (מאגרי־על לשימושים שונים) שאינן חופפות זו את זו, תכנון מערכת הביקורת והערכת הביצוע וכן הבקרה התקציבית, חקיקה ותקינה בהקשר לסודיות המידע וצנעת הפרט, ניתוח המידע ושיפור מערך הפעילות הסטטיסטית, ועוד.

במסגרת המחקר נעשו ניתוח והערכת גישות חליפיות למדיניות לאומית לשירותי מידע, בשלושה שלבים עיקריים:

(1) מיפוי תשתית שירותי המידע הקיימת במדינה.

(2) ניתוח מבנה מערכת המידע במבחר מדינות.

(3) ניתוח והערכת הגישות החליפיות עבור ישראל.

בהתבסס על כלל התוצאות שנתקבלו בהפעלת שיטות המיפוי השונות, נותחו בהרחבה הגישות העדיפות והשפעתן על המשאבים הלאומיים והמרכיבים של שירותי המידע במדינה.

נשקלה תרומתה הרצויה של הממשלה לניהול תשתית שירותי המידע של המדינה, תוך התיחסות לתשומותיה האפשריות של הממשלה למערך המידע הלאומי:

I. ברמת המדיניות:

א. ריכוזיות – קביעת כל ההחלטות הקשורות בשירותי המידע במדינה על־ידי גוף ממשלתי.

ב. ריכוזיות למחצה – שיתוף המיגזר הפרטי בקביעת החלטות כאלה במסגרת גוף מתאם בו ייצוג למיגזר הממשלתי והפרטי כאחד.

II. ברמת השירותים:

– אספקת נתונים גולמיים ומעובדים המצטברים במערכת הממשלתית במהלך פעולתה השוטפת.

– אספקת שירותי מידע בבעלותה ובהפעלתה.

– מתן סובסידיות להקמת והפעלת שירותי מידע במיגזר הפרטי.

מערכת מומחה לתכנון אימונים

אל"מ יורם רומם, צה"ל

תכנון תכנית האימונים של חיל־האויר נעשה באופן ידני מאז הקמת החיל. התכנית קובעת עבור כל טייסת, עבור כל יום בשנה, אילו פעילויות היא תבצע: אימוני טיסה, תרגילים, ביקורות, כנסים, ימי־הדרכה וכו'. התהליך הידני הלך והסתבך עם השנים עקב הגידול בכמות הטייסות והפעילויות, וצמצום בשטחי טיסה ומשאבים אחרים.

התהליך הידני היה ממושך, רצוף שגיאות, שינוים וביטולים, והביא לניצול לא אופטימלי של המשאבים.

שנים רבות דובר על הצורך למכן את התהליך כדי לשפרו ולייעלו, אולם לא היה ברור כיצד לבצע זאת עקב הקשיים הטכנולוגיים הכרוכים בכך.

פרוייקט מתא"מ (מערכת תכנון אימונים) הוקם ביחידת המחשב של ח"א, תוך שילוב אינטליגנציה מלאכותית כשיטת פתרון עם הנדסת אנוש מתקדמת, תוך שימוש בתחנות עבודה צבעוניות.

לאחר הקמת התשתית לפרויקט הצליח הצוות לזכות ב"תחרות" של מפא"ת שנועדה לבחור פרויקט מתאים להחדרת טכנולוגית האינטליגנציה המלאכותית לצה"ל, תוך שיתוף עם חברות אזרחיות בשטח זה בארץ.

הצוות המשותף הקים מערכת תכנון אימונים לשימוש גוף התכנון בח"א. המערכת הוקמה בשיתוף פעולה מלא עם הצרכן, נבנו כמה אבי־טיפוס בשלבים שונים, ולבסוף הוכנסה המערכת לעבודה שוטפת באופן חלק ומיידי.

IBM Telecommunications Directions

מיקי ריכנברג

In today's competitive and cost-conscious business environment, efficient access to information is critical requirement for every corporation.

This presentation will describe, and discuss the following topics:

* Current telecommunications and information systems trends and customer requirements.
* IBM's strategic focus.
* Advanced function networks.
  The physical network.
  The logical network.
  Extended networking.
* Advnaced voice, data and voice/data applications.
* Customer-based management and control.

הערכה ותכנון ביצועי רשת תקשורת

אדי רבינוביץ, יבמ

ההתפתחויות הטכנולוגיות והגידול המהיר של מערכות התקשורת מאפשרים ניצול הרבה יותר יעיל של התשתיות. כתוצאה מכך עולה החשיבות של המידע שמועבר ברשת ותהליך התכנון של רשתות התקשורת מהווה אתגר בעל חשיבות עליונה להפעלה נכונה ויעילה של רשתות תקשורת נתונים.

המטרה המוצהרת של כל רשת תקשורת היא לשרת בצורה טובה עד כמה שאפשר את משתמשיה. כדי לאפשר הפעלה יעילה המספקת את דרישות קהילית המשתמשים, שמספרם נמצא בעליה מתמדת, נדרשים ספקי שירותי התקשורת לתת פתרונות לתעבורה עמוסה ומהירה יותר ברשתות התקשורת. אחד הפתרונות האפשריים הוא לספק כבר היום את המשאבים העולים במידה ניכרת על הצרכים העכשוויים.

אולם פתרון זה אינו יעיל ובוודאי יקר מאד למשתמש. פתרון יעיל וטוב יותר ידרוש בחינה ותכנון קפדניים, שידרשו איסוף מדוקדק של נתונים והקצאת משאבים בלתי מבוטלים של כח־אדם מיומן לשלבי התכנון של הרשת.

עקרונות וטכניקות של בחינה והערכת ביצועי רשתות תקשורת גדולות מוצגים בהרצאה.

כדי לנצל תשתיות תקשורת בצורה יעילה יותר, יש צורך לקבל תמונה מלאה על ניצול מרכיבי הרשת. מידע זה חיוני לתכנון הרחבות, שירותים נוספים והוספת משתמשים חדשים לרשת.

המתודולוגיה המוצגת כאן מאפשרת חיסכון ניכר במשאבים הנדרשים לביצוע הערכה ותכנון, ללא פגיעה כלשהי ברמת דיוק של תוצאות הבחינה.

הנדסת תוכנה – REVISITED – מה בעצם הבעיתיות?

אשר יובל

הגדרה נבונה וברורה של הבעיות המרכזיות בתחום "פיתוח ותחזוקת מערכות (עתירות תוכנה)" חשובה וחיונית, הרבה מעבר ל-"תרגיל האינטלקטואלי" שבדבר.
הגדרה נבונה פירושה הבחנה ברורה בין בעיות שהן תרצאתיות לבין בעיות יסוד. זמני פיתוח ארוכים, למשל, או תחזוקה מסובבת, אינן בעיות יסוד, אלא תופעה נצפית בשטח אשר היא עצמה תוצאה של בעיות יסוד. נוסף לכך, ישנה קבוצה של בעיות הנובעות מהסביבה המורכבת בה פועלות ומפותחות מערכות תוכנה.
הבעיות מסווגות איפוא לשלוש הקבוצות הבאות:
- בעיות יסוד (בעיות מהותיות)
- בעיות סביבה
- בעיות (תופעות) תוצאתיות.

בעיות יסוד, בעיות מהותיות
תוכנה היא מדיום חסר תכונות פיסיקליות;
חסר מדע, אין תאוריה;
גמישות מול קשיחות התוכנה;
בעית הטרנספורמציה (תרגום או העתקה).

בעיות סביבה
הסביבה בה אנו פועלים;
ענ"א כפתרון לבעיות ניהול ואר"ש;
נושא ה-"השתקפות". האם מערכת המידע היא המציאות או שהיא "רצה" במקביל למציאות האמיתית וצריכה כל הזמן להתעדכן.

בעיות תוצאתיות
בעית ה-"פרטים הקטנים": חוסר בהגדרה ברורה של פריטי מידע מסוימים עלולה למוטט ניתוח מערכת שלם ולהציגו בבלתי נכון;
ההפרדה בין פיתוח ותחזוקה;
הכשרת כ"א, הגדרת המקצוע;
אין מודעות למשמעות "היקף הפרויקט";
אמידת עלויות הפרויקט.

טכנולוגית המידע ככלי איסטרטגי להגשמת שינויים ארגוניים

ד"ר דניאל גלין

הפוטנציאל האיסטרטגי הטמון כיום בטכנולוגית המידע הוא סיוע בהפעלת שינויים ארגוניים הרצויים לארגון. הרצון לבצע שינויים ארגוניים, במקרה זה, אינו נובע ממערכת המידע אלא מסיבות כגון:
- שינויים בתפישה הארגונית.
- אפשרות לחסוך בהוצאות התיפעול של הארגון.
- שינויים בקהל הלקוחות (או מקבלי השירות מהארגון).

ביצוע השינויים הארגוניים יכול, וכמעט תמיד נתקל, בהתנגדות לשינויים ובקשיים אובייקטיביים שונים. ניצול הפוטנציאל האיסטרטגי הטמון במערכות מידע עשוי לאפשר ביצוע שינויים ארגוניים שנחשבו בעבר קשים או בלתי אפשריים מחד, ולשפר ולייעל ביצוע שינויים אחרים בארגון מאידך. יתר על כן, ניצול פוטנציאל זה מאפשר כיום לארגון המעוניין לשמור על המבנה הארגוני הקיים לבצע שיפורים ושינויים במערכת המידע מבלי לחייב את הארגון לערוך שינויים ארגוניים.
המאמר מתרכז בניתוח שתי דוגמאות לסיוע איסטרטגי של מערכות מידע לביצוע שינויים ארגוניים.

המיחשוב של אוסם (אנטומיה של שיקום פרויקט)

מתי מנור

לחברת אוסם 8 מפעלי ייצור המפוזרים מיקנעם בצפון ועד שדרות בדרום, המייצרים כאלף סוגים שונים של מוצרי מזון לשוק.
מנהלי החברה זיהו כבר לפני שנים רבות את הפוטנציאל הגלום בהיעזרות במחשב בתכנון ביצוע ובקרה של תהליכי ייצור, שיווק, מכירה, הפצה וניהול כספים. במשך 10 השנים הראשונות של קיום המיחשוב בחברה פותחו כ-20 מערכות שתמכו באספקטים שונים של התהליכים הנ"ל.
בשנת 1982 הגיעה הנהלת החברה למסקנה שהמשך פיתוח של מערכות בצורה ספורדית, ללא תכנון כולל וללא אינטגרציה מלאה בין הרכיבים, יכול להביא תועלת מוגבלת בלבד.
כדי להגיע לשימוש מושכל במערכות המידע בחברה נערכה בחברה סדנת תכנון בהשתתפות הנהלת החברה, המשתמשים המרכזיים, יחידת המחשב וחברה ידועה לייעוץ להכנת תכנית-אב.
בסדנה הותוו יעדים חדשים, תוך קביעת כיווני הפיתוח הרצויים, קשרי הגומלין בין המערכות וכן סדרי קדימויות לפיתוח:
א. בנית דור חדש של מערכות ממוחשבות לשלושת תחומי הפעילות המרכזיים של הקונצרן – ייצור ולוגיסטיקה, שיווק ומכירות וניהול כספי.
ב. יצירת אינטגרציה בין המערכות השונות.
ג. השלמת הפרויקט תוך 24 חודשים ובתקציב של X דולרים.

לאחר התחלה מעודדת נתגלו בעיות שלא נצפו. נוצרו אי הבנות בין המשתמש לבין המפתח והחל תהליך של סטיה איטית אך מצטברת מהיעדים המקוריים.
לאחר תהליך הבראה, אשר ידון בפירוט בהרצאה, ניתן לדעתנו להגיע למסקנות הבאות שהן תקפות לארגונים רבים:
א. בפיתוח מערכות יש להעדיף ככל האפשר גישה של אבולוציה (שילוב של ישן וחדש) על פני רבולוציה (החלפה טוטלית של ישן בחדש).
ב. לעיתים עדיף לבצע שיפור במערכת ישנה על פני החלפה במערכת חדשה, תוך ניצול הידע העסקי הרב שהושקע בה.
ג. תנאי הכרחי להצלחת פרויקט של מערכות הינה היכולת להגיע למחוייבות ושותפות אמיתיות בפיתוח בין גורמי ההנהלה, המשתמשים ויחידת המחשב.
ד. השקעה נכונה בבנית מתודולוגיה מתאימה חוסכת בסופו של דבר זמן ומקטינה בהרבה את סיכוני הפיתוח.
ה. רצון לתכנן את היישום כך שהמשתמש יקבל בשלבים מדורגים את התוצאות, דבר התורם בכיוונים הבאים:
1) הקטנת סיכוני פיתוח.
2) הגברת אמון המשתמשים.
3) הקלה בקליטת המערכת.
ו. בתהליך הפיתוח יש להשקיע הרבה יותר ממה שמקובל היום במישורים הבאים:
1) שילוב נכון של המערכת החדשה בסביבה הקיימת.
2) עזרה למשתמשים לקלוט את המערכת החדשה מבלי לפגוע ביכולתם לבצע את עבודתם השוטפת.
3) יצירת מוטיבציה לכל חברי הצוות להצליח בביצוע המטלות.
4) אוירה של אחריות ויצירתיות בין חברי הצוות.
5) הסרת סיבות לניגודי אינטרסים בין ההשתתפות בצוות הפרויקט לבין השתייכות למחלקה בעבודה השוטפת.

קשרים מסוג 1:1 בעיצוב בסיסי נתונים

ד"ר פרץ שובל, אוניברסיטת בן גוריון בנגב

סוגי התלות בין מושגים או ישויות במציאות מסויימת קובעים במידה רבה את מבנה בסיס הנתונים שלה. בעוד אשר קשרים מסוג 1:n (או n:1) ו-m:n טופלו באופן אינטנסיבי במודלים ובשיטות שונות לעיצוב בסיסי נתונים, קשרים מסוג 1:1 לא זכו כמעט לטיפול.
מאמר זה מתרכז בקשר 1:1, מראה את חשיבותו בעיצוב בסיסי נתונים ומציג פתרונות לבעיה. במאמר ניתוח וסיווג מצבים שונים שבהם מופיעים קשרים מסוג 1:1 וטיפול בהם, הן ברמה הקונספטואלית והן ברמה הלוגית של עיצוב בסיס הנתונים. מוצגים בו כללי החלטה למיפוי קשרי 1:1 לקשרי 1:n או n:1 במצבים השונים, ויישומם במערכת ADDS לעיצוב אוטומטי של בסיס נתונים.

ההרצאה תכלול את הנושאים הבאים:

א. מבוא: הרמות הקונספטואלית והלוגית בעיצוב בסיסי נתונים, דרך הטיפול בקשרים מסוג 1:n ו־m:n במודלים אופיניים של בסיסי נתונים והבעיה המיוחדת המתעוררת עם קשרים מסוג 1:1.

ב. מודל BR וסכימת בסיס נתונים רלציוני/רשתי: מודל BR(Binary Relationship) ליצירת סכימה קונספטואלית של בסיס נתונים; דיאגרמת מבנה המידע (ISD) הנוצרת לפי מודל זה, טכניקות המעבר מ־ISD לסכימת בסיס נתונים המבוסס על מודל רלציוני/רשתי.

ג. קשרים מסוג 1:1 – מצבים וכללי החלטה: נושא זה הוא לב המחקר של קשרי 1:1. כעיקרון, כל קשר מסוג 1:1 מוסב לקשר 1:n או n:1. אופן ההסבה נקבע לפי סוגי הקשרים הנוספים שבהם מעורב כל קשר מסוג 1:1. מוצע אלגוריתם כללי להסבה נכונה של קשר 1:1 במצב כלשהו.

ד. יישום במערכת ADDS: תיאור המודול במערכת ADDS. מודול זה יכול להסב כל קשר מסוג 1:1 לקשר 1:n או n:1, בין אם בצורה אוטומטית או באינטראקציה עם המשתמש (מעצב בסיס נתונים).

ה. סיכום עיקרי התרומה של המחקר: כיווני מחקר ופיתוח נוספים, הן בנושא קשרי 1:1 והן במערכת ADDS בכלל.

תכנון מערכות מידע בישראל

פרופ' ניב אחיטוב, פרופ' ז. נוימן, מ. צבירן

מהפיכת המידע אשר בעיצומה אנו שרויים, ביססה את ההכרה בחיוניותו של משאב זה לניהולם ותיפעולם של ארגונים. כיום אין כל ספק כי מידע הינו משאב ארגוני, בדומה לחומרים הון, כח־אדם וכו', המיוצר על ידי מערכות המידע הפועלות בארגון.

תהליך תכנון מערכות מידע בארגון קשור קשר הדוק לתהליך התכנון הכולל בארגון ואמור להיות חלק אינטגרלי ממנו. תהליך זה הינו הירכי ביסודו, כאשר ראשיתו בשלב התכנון האסטרטגי, והמשכו בשלבי התכנון הטקטי והתכנון האופרטיבי למערכות המידע. כל שלב בתהליך התכנון הינו המשכי לקודמיו, תוך ירידה לעומקם של פרטים, עד רמת היישום.

מטרת המאמר לסקור את הנושא ולבחון את הנעשה בתחום זה בישראל, תוך התמקדות בתהליכי התכנון לטווח הארוך, קרי: תכנון אסטרטגי ותכנון טקטי. חלקו הראשון של המאמר יתמקד במסגרת לתהליך התכנון הכולל של מערכות המידע בארגון, ובפירוט מהותם של שלבי התכנון השונים. בחלקו השני יפורטו וינותחו מימצאיו של סקר אשר בדק את פעילויות התכנון למערכות המידע בקרב ארגונים בישראל.

מתודולוגיה לבחירת תצורת המחשבים למרכז מידע

ניסן אורבך, מנהל מרכז המידע בחברת "מחיש שירותי מחשב בע"מ"

בחלק הראשון של ההרצאה הגדרת מרכז מידע.

בחלק השני הגדרת היפותזת המחקר – מציאת תצורת המחשבים המתאימה ביותר למרכז מידע מבין 3 התצורות הקיימות במרכז מידע:

1. מרכז מידע שיש בו מחשבים אישיים בלבד.
2. מרכז מידע שנתמך ע"י מחשב גדול בלבד.
3. מרכז מידע שיש בו מחשבים אישיים ונתמך ע"י מחשב גדול.

היפותזה:

שביעות הרצון של משתמשי מרכז מידע שנתמך ע"י מחשב גדול ושיש בו מחשבים אישיים היא הגדולה ביותר.

בשלב הבא תתואר מתודולוגית המחקר, שביעות הרצון של המשתמשים ותוצאות המחקר:

1. אין הבדל ברמת שביעות הרצון של 3 הקבוצות – ולמעשה יש רק קבוצת משתמשים אחת.
2. המשתנים החשובים ביותר למשתמש קשורים לאיכות הפלט.
3. אותם משתנים הם גם המשתנים שהאחוז הגבוה ביותר של המשיבים מבין כלל המשיבים ציין אותם כמשביעי רצון.
4. נמצאו 4 גורמים:
   1. מרכז מידע והקשר שלו למשתמשים.
   2. איכות המידע המופק.
   3. משאב הזמן במרכז המידע.
   4. התועלת שמביא מרכז המידע למשתמשים.

כלים ממוחשבים במסגרת מודל לפיתוח מערכות

פנחס מתיא

במאמר גלוי, המתפרסם לראשונה בחודש יוני 1986, מודה Yourdon בפעם הראשונה, כי אכן נכשל הנסיון בהחדרת המתודולוגיות לתהליך פיתוח המערכות.

"...הגורם אשר הביא לתופעה זו הוא בעיקר ההתיחסות אל הטכניקות המובנות (קרי: הנדסת מערכות) כאל מכשול, במקום כאמצעי מסייע לפיתוח מערכות. הופעתם של 'כלים' מתחום טכנולוגית המידע, דוגמת שפות מדור IV, אב טיפוס ומיחשוב אישי, היוו גורם נוסף לדחיקת ההתעניינות במתודולוגיה, במקום לבססה".

ניתן לאבחן מספר גורמים המביאים לתופעות האמורות:

(1) העוסקים בפיתוח מערכות על בסיס הניתוח המובנה, הגיעו לסף תיסכול, עקב העבודה הידנית המרובה.

(2) עבודת הפיתוח כרוכה בשינויים תדירים בעשרות תרשימים ובמוצרים הנלווים (לדוגמה – מילון הנתונים), עקב הדינמיקה הארגונית והשלכותיה על מבנה התהליכים.

(3) היעדר טכניקה מובנית, אשר תסייע בפיתוח מערכות זמן אמת (ואין הכוונה דווקא למערכות משובצות מחשב). יש לגורם זה משמעות מכרעת, בעידן בו מערכות מקבלות תאוצה בכיוון של עיבודים מקוונים בזמן אמת.

(4) "גן העדן המובטח" בדמות שפות מדור IV ואב טיפוס, קיבלו מימדים מעבר ליכולת ולתמורה הטבעית שלהם, ודחקו בכך את רגלי הטכניקות המובנות.

קיימת גם הבעיה של הנטיה להתמקד בניתוח המצב הקיים, בעוד שלעיתים קרובות קיימות סיבות מספיק טובות להעביר את כובד המשקל דווקא להגדרת המערכת המוצעת.

המטרות העיקריות בפיתוח מתודולוגיה ממוחשבת ("המודל הממוחשב"):

(1) פיתוח ממוחשב של תרשימי זרימת מידע, לרבות המוצרים הנלווים, המוכלים במילון הנתונים.

(2) פיתוח קשר ממוחשב, בין תרשימי זרימת המידע למילון הנתונים הממוחשב.

(3) פיתוח ממוחשב של תרשים מבנה הנתונים.

(4) התאמת תרשימי זרימת המידע גם להיבט זמן אמת.

ככל שגברה התודעה בחיוניותה של מתודולוגיה ממוחשבת, רבו ה"כלים" (case) אשר הוצעו לקהילת אנשי המחשב העוסקים בפיתוח.

מחשבים בשיקום – עבר, הווה ועתיד

שולמית פרידריך, מ.י.ל.ב.ת.

"Micros help the handicapped help themselves" במשפט זה החל רוב מרינס את מאמרו בנושא המחשב בשיקום בשנת 1982. רוב מרינס הוא איש מחשבים קוואדריפלג בעקבות תאונת דרכים בה היה מעורב בגיל 17, מאז הוא מרותק למיטה כל שעות היום. הודות למאמציהם של המדענים באוניברסיטת פנסילבניה, הוא מחובר למערכת מחשבים המאפשרת לו בקרה סביבתית, תקשורת עבודה והשתתפות בועידות באמצעות טלפונים.

לפני כ־40 שנה היתה טכנולוגית המחשב ברמה של Vacuum 2, מחשבים גדולים מאד שדרשו חדר מיוחד וכח אדם מיומן להפעלה וזכרון קצר מאד. עם הזמן החלו להקטין את המחשב ואפשר היה להפעיל אותו ע"י אנשים פחות מיומנים עד שהגענו למצב

תכנית הכינוס

יום שני, 24 באוקטובר, 1988 (בתיאטרון ירושלים, ירושלים)

18:30-17:00 מפגש חברים - קוקטייל.

21:00-18:30 מושב פתיחה חגיגי

ברכות
מקהלת אנקור
חלוקת תעודות "יקיר איל"א"
"היינו כחולמים" — חזיון אור קולי ממוחשב מאת **אליהו הכהן**

הרצאת אורח:
"המוח והמחשב" — **פרופ' ישעיהו ליבוביץ**

יום שלישי, 25 באוקטובר, 1988 (מרכז הקונגרסים, גני התערוכה, ת"א)

11:00-09:00 אולם 1

מושב לזכר דב חביון ז"ל — ממיסדי איל"א
"מבט לעתיד" — התפתחויות טכנולוגיות ויישומיהן

יו"ר: פרופ' יוסף אגסי, אוניברסיטת תל־אביב ואוניברסיטת יורק, קנדה

טכנולוגיה — סיכויים וסיכונים
פרופ' יוסף אגסי, אוניברסיטת ת"א ואוניברסיטת יורק, קנדה

טכנולוגיה וחברה בשנות ה-2000
ד"ר אילן עמית, רפא"ל

טכנולוגיות עתידיות בקרב המחר
תא"ל (מיל.) עוזי עילם, משרד הבטחון

11:30-11:00 הפסקה

13:00-11:30 אולם 1
חלוקת פרסי איל"א ומילגות ע"ש דב חביון ז"ל — ד"ר יוסף רביב, נשיא איל"א

הענקת פרסי איל"א לנוער — **עזרא בן־כוכב**, יו"ר הנהלת איל"א

רב־שיח: מצב ענף המחשבים — מבט על העבר והערכות לעתיד
מנחה: עזרא בן־כוכב, יו"ר הנהלת איל"א
משתתפים:
עמירם שור, מ.ל.ל מערכות מחשבים בע"מ
ד"ר מנחם גוטרמן, בנק דיסקונט לישראל בע"מ
שמעון כסיף, בזק
נתן מאיר, משרד האוצר

14:30-13:00 הפסקת צהרים

16:00-14:30 אולם 2

בינה מלאכותית
יו"ר: פרופ' משה בן־בסט, אוניברסיטת תל־אביב.

בינה מלאכותית הלכה למעשה
פרופ' משה בן־בסט, אוניברסיטת תל־אביב

מתא"ם - מערכת לתכנון אימונים בחיל אויר
אל"מ יורם רומם, צה"ל

מבט אישי של 20 שנה על
ראיה ממוחשבת
ד"ר אילן תמשס, אלביט מחשבים בע"מ

אולם 3

מתודולוגיות, הנדסת תוכנה וכלי פיתוח
יו"ר: אבי פרי, רדי מערכות

קשרים מסוג 1:1 בעיצוב
בסיסי נתונים
ד"ר פרץ שובל, אוניברסיטת בן־גוריון בנגב

הנדסת תוכנה — REVISITED
מה בעצם הבעיתיות?
אשר יובל, מתודה מחשבים בע"מ

פיתוח כלים ממוחשבים במסגרת
מודל ממוחשב לפיתוח מערכות
פנחס מתיא, יועץ בכיר לענ"א

16:30-16:00 הפסקה

18:00-16:30 אולם 2

יו"ר: **ד"ר יעקב שטייף**, בי"ח הדסה

זיהוי כתב יד עברי
אילנה בס, אוניברסיטת תל־אביב

מחשבים בשיקום

מחשבים בשיקום — עבר, הווה ועתיד
שולמית פרידריך, מ.י.ל.ב.ת. (מרכז ישראלי לנכה)

אולם 3

יו"ר: **רוממיה הלוי־סגל**, אגד

תנ"ך (תחנת ניתוח כוללת) — סביבת עבודה לניהול, ניתוח ועיצוב מערכות מידע
ראובן גולדשטיין, סיון מחשבים בע"מ

פרויקט המחשוב של אסם — אנטומיה של שיקום פרויקט
מתי מנור, אסם

מתודולוגיה לבחירת תצורת המחשבים למרכז מידע
ניסן אורבך, מחיש, שרותי מחשב בע"מ

יום רביעי, 26 באוקטובר, 1988 (מרכז הקונגרסים, גני התערוכה, ת"א).

10:30-09:00 אולם 2

המשאב האנושי במיחשוב

יו"ר: **אל"מ אריה עמית**, צה"ל

ניהול המשאב האנושי, אמנות או טכניקה - המחשב ככלי ניהולי.

פרופ' אברהם פרידמן, האוניברסיטה העברית

גורמי שחיקה בקריירות טכנולוגיות
ד"ר דליה עציון, אוניברסיטת תל־אביב

11:00-10:30 הפסקה

13:00-11:00 אולם 2

יו"ר: **זיו שריה**, חברת פז

טיפוח כח האדם במערך המחשבים בצה"ל והנעתו
סא"ל אלי פרנק, צה"ל

ניהול כח אדם מקצועי בחברת י.ב.מ.
מאיר ניסנזון, י.ב.מ. ישראל.

14:30-13:00 הפסקת צהרים

17:00-14:30 אולם 2

מערכות מידע - היבטים אסטרטגיים

יו"ר: **ד"ר דוד מיטווך**, נ.סי.ר - י.א. מיטווך ובניו

מערכות מידע ככלי אסטרטגי בארגון
פרופ' זאב נוימן, אוניברסיטת תל־אביב.

טכנולוגית המידע ככלי אסטרטגי להגשמת שינויים אירגוניים
ד"ר דניאל גלין, רעננה

מדיניות לאומית לשרותי מידע
ד"ר בט ארז, המרכז הבינתחומי לנתוח ולחיזוי טכנולוגי

תכנון מערכות מידע בישראל
פרופ' ניב אחיטוב, אוניברסיטת תל־אביב

DIGITAL — INTEGRATIMG THE ENTERPRISE
שלום אלקין, דיגיטל ישראל

אולם 3

חידושי מיחשוב ותקשורת

יו"ר: **יונדב פרי**, טכ"ם

מערכת תיקשוב מבוזר
עדי אביר, קו-מנחה.

IBM TELECOMMUNICATIONS DIRECTIONS
מיקי ריכנברג, י.ב.מ. ישראל

תדואר — מערכת הדואר האלקטרוני של תדיראן
עמירם שטרק, תדיראן

הערכה ותכנון ביצועי רשת תקשורת
אדי רבינוביץ, י.ב.מ. ישראל

שילד מסוגל להפעיל מחשב בקלות רבה להנאה, לימוד, תקשורת וכו'.

הטענה היא שאם השינויים במחשבים בארבעים השנים האחרונות היו חלים בפיתוח מכוניות המרצדס, המכוניות היו עולות $500, וניתן היה להקיף את העולם ב־30 דקות, ב־25 ליטר בנזין.

ניתן כיום במחיר נמוך יחסית לספק לאדם מחשב אשר יאפשר לו עצמאות וחזרה לחיים בבית ולעבודה יצרנית. אם נשווה זאת לעלות החזקת אדם במוסד, נראה עד כמה פתרון בהישג יד זה משפר את חייו של הנצרך ותורם תרומה חשובה לחברה כולה.

סקירה על הקיים בנשא המחשב:

א. **בחומרה**

1. מתגים שונים.
2. לוחות וכרטיסים מיוחדים.
3. בקרה סביבתית.

ב. **בתוכנה**

1. לימודים שונים.
2. תקשורת.
3. טיפול קוגניטיבי.
4. שיקום מקצועי.

הצגת נשא קבוצת תקשורת כעבודה רב־צוותית של מרפאות בעיסוק, פיזיותרפיסטיות, עובדת סוציאלית וקלינאיות תקשורת. חשיבות הישיבה לצורך תקשורת. תקשורת חליפית.

העתיד: מרכזי הערכה רב־מקצועיים, אפשרות להדרכה רב־מקצועית, הוצאת המחשב ממגדל השן והכנסתו לכיתות וליד מיטת החולה ולעבודה היום־יומית כמו הטלפון, תוך ירידת חשיבות סוג המחשב והתרכזות בתוכנה ובמימשקים הנלווים.

טכנולוגיה וחברה בשנות ה־2000

ד"ר אילן עמית, רפא"ל

בשנת 1976 חל יובל ה־200 של ארה"ב. צוות עתידנים של מכון הדסון פירסם לכבוד המאורע מחקר בשם "200 השנים הבאות". המסקנה העיקרית היא, שאין יסוד לתחזיות הקודרות של הניאו־מאלתוזיאונים, החוזים התפוצצות אוכלוסיה, דלדול מקורות המזון, האנרגיה וחומרי הגלם וזיהום בלתי נסבל של הסביבה. לדעת הרמן קאהן וחבריו, יתייצב גורל האנושות ברמה של כ־20 מיליארד נפש, טכנולוגיות המצויות בשימוש כבר היום, או כאלה העומדות להיכנס לשימוש, יבטיחו לאוכלוסיה זו רמת חיים גבוהה יותר, בממוצע, מאשר הרמה שממנה נהנית האנושות כיום. אמנם הפערים בין המדינות יגדלו, אך גם העשירים וגם העניים יהיו יותר עשירים מאשר כיום. החוקרים צופים גם שינוי במבנה התעסוקה. החשיבות של ייצור חומרים ומוצרים תרד. יעלה מאוד מספר המועסקים בשירותים ותהיינה פעילויות רבות שהן מטרה לעצמן: חינוך, ספורט, מדע ומחקר וכן פעילויות בעלות אופי אישי.

הקשיים הצפויים ייגרמו בעיקר מחמת ניהול לקוי, מדיניות ציבורית כושלת, פגעי טבע וחוסר מזל. קאהן וחבריו מאמינים, שיהיו אלה קשיים זמניים. הם דנים באפשרות שתחול הרעה ניכרת בשיווי המשקל האקולוגי, אך נותנים לה הסתברות נמוכה, בשל עליית המודעות לנשא, ועקב הצעדים הננקטים כבר היום ואלה אשר יינקטו בעתיד. עיקר טיעונם הוא, שהתפתחות חיונית אפשרית וסדירה, בעוד שהתחזיות הפסימיות לקויות בהנחות היסוד ובראיה הכוללת. המחברים אינם מאמינים שתפרוץ מלחמה גרעינית עולמית. הם גם דוחים את הטענה, שהאנושות תביא כליה על עצמה באמצעות הטכנולוגיה של ההנדסה הגנטית, אשר תיצור יצורים אלימים (חיידקים ווירוסים) שלא יהיו ניתנים לשליטה. מחקרם מבוסס על ההנחה, שכדור הארץ יוסיף להיות מוקד החיים האנושיים ב־200 השנים הבאות, ולא תהיה הגירה המונית לחלל. ברם, החלל הוא אחד האתגרים החיוביים שהם צופים לאנושות ב־200 השנים הבאות.

גורמי שחיקה בקריירות טכנולוגיות

ד"ר דליה עציון, הפקולטה לניהול, אוניברסיטת תל־אביב

תהליכי שחיקה קורים אצל גברים ונשים שבחרו בקריירות טכנולוגיות. בהרצאה מובאות תוצאות מחקרים שהמרצה ערכה בארץ ובארה"ב במטרה לזהות כיצד משפיע מכלול של גורמי עבודה וחיים על רמת השחיקה הנפשית של בעלי/ות מקצוע בתחום זה, והמסקנות המסתברות ממחקרים אלו לגבי ניהול קריירות טכנולוגיות. חשוב מאוד להבין את מכלול הגורמים הללו, אם רוצים להיערך לקליטה מוצלחת ולניהול משופר של כח אדם טכנולוגי בארגונים.

שחיקה היא תופעה של התכלות המשאבים הנפשיים של האדם בתהליך איטי ולא במשבר חד־פעמי. גורמיה הם לחצי יום־יום נמשכים, אשר, לעתים, קשה לזהותם. ביטוייה האופייניים הם: ירידה באנרגיה, באיכפתיות, ביוזמה וברמת התיפקוד הכללית של היחיד. ברמת הארגון נמצא בין סימניה: מוסר עבודה ירוד, ביצוע כושל, היעדרויות, איחורים ושיעורי תחלופה גבוהים. הלחצים יוצרי השחיקה נובעים פעמים רבות מאלמנטים של אי התאמה בין צרכיו, כישוריו ומאוויו של האדם לבין מערך חייו הכולל, ולא רק בתחום עיסוקו המקצועי. ברוב המקרים, אי התאמה כזו אינה דרמטית, קשה לזהות אותה, למקד אותה, ולהתלונן עליה. לכן תהליך החיכוך היום־יומי והכרסום הנפשי שהיא יוצרת יכול להימשך זמן רב מבלי שיחשף.

שלושה מוקדי בעיות אופייניים לבעלי/ות קריירות טכנולוגיות בארגונים משפיעים על רמת שביעות הרצון והשחיקה הנפשית שלהם/ן:

1. הלחץ להישגים ולקידום מהיר בשנים הראשונות.
2. המעבר מעבודה טכנית לניהול.
3. השילוב בין משפחה ועבודה – נשים מול גברים.

תנ"ך – תחנת ניתוח כוללת סביבת עבודה לניהול, ניתוח ועיצוב מערכות מידע

ראובן גולדשטיין, סיון מחשבים בע"מ

הרקע לפיתוח המערכת

חברת "סיון", מכון להכשרה והעשרה במקצועות המחשב, מתמחה בהגדרת והקניית תקנים ושיטות עבודה ליחידות מחשב. במסגרת התמחות זו, פועלת בסיון מחלקת פיתוח בשפת פרולוג, המתמקדת בתכנון ופיתוח ישומים לתמיכה במחזור החיים של ניתוח מערכות מידע. המטרה המקורית של הפיתוח של מוצרי התוכנה היתה לשפר ולהעשיר קורסי ניתוח מערכות וניהול פרויקטים המועברים בסיון, בעזרת כלים מתוחכמים המאפשרים להיעזר במחשב אישי כבתחנת עבודה מכוונת ומייעצת. שפת הפיתוח הגמישה איפשרה לבנות מערכות קלות ללימוד ונוחות להפעלה, כגון: מערכת מומחה לנירמול נתונים, מערכת פתוחה להגדרת מסמכים, מערכת לתכנון אב־טיפוס למילון נתונים ועוד. לאחר שלבי הרצה וניסוי, גובש אוסף הכלים הממוחשבים למערכת מוכללת אחת, המוצעת עתה כתחנת עבודה לניתוח ועיצוב מערכות מידע.

פרס קפלן לראשי חברת מ.ל.ל.

ב־26 ביוני 1988 הוענק פרס קפלן לעמירם שור ואריה שמש, מנהליה ומייסדיה של חברת מ.ל.ל. (תעשיות תוכנה ומחשבים בע"מ), על הישגיהם בהחדרת המיחשוב לענפי המשק השונים במשך 25 שנות פעילותם.

בהחלטת חבר השופטים הודגשה תרומתם של הזוכים לפיתוח התעסוקה בענף המיחשוב באיזורי פיתוח, וכן לייצוא גדל והולך של תוכנות ישראליות לארצות חוץ, וכן פורטו תחומי הפעילות שלהם במיגזרים השונים במשק ובמינהל.

מערכת מעשה חושב מברכת את עמירם שור ואריה שמש מנהלי מ.ל.ל. לקבלת פרס קפלן 1988.

○

איבמ אילא אירמ

האיגוד הישראלי לבינה מלאכותית
איגוד ישראלי לראיה ממוחשבת

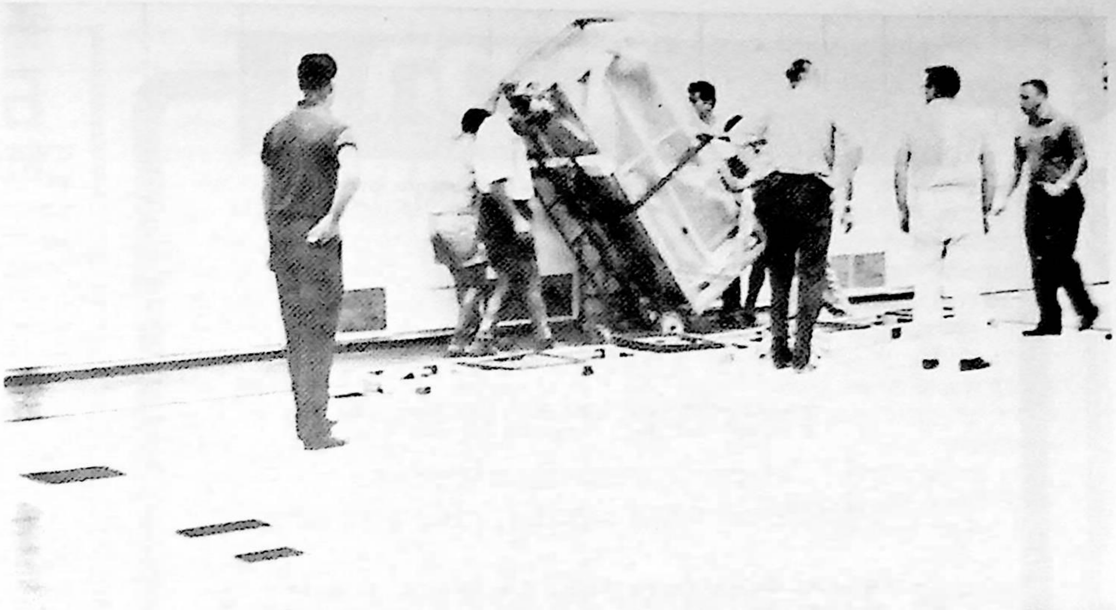
הכינוס הארצי החמישי לבינה מלאכותית
ראיה ממוחשבת וזיהוי צורות

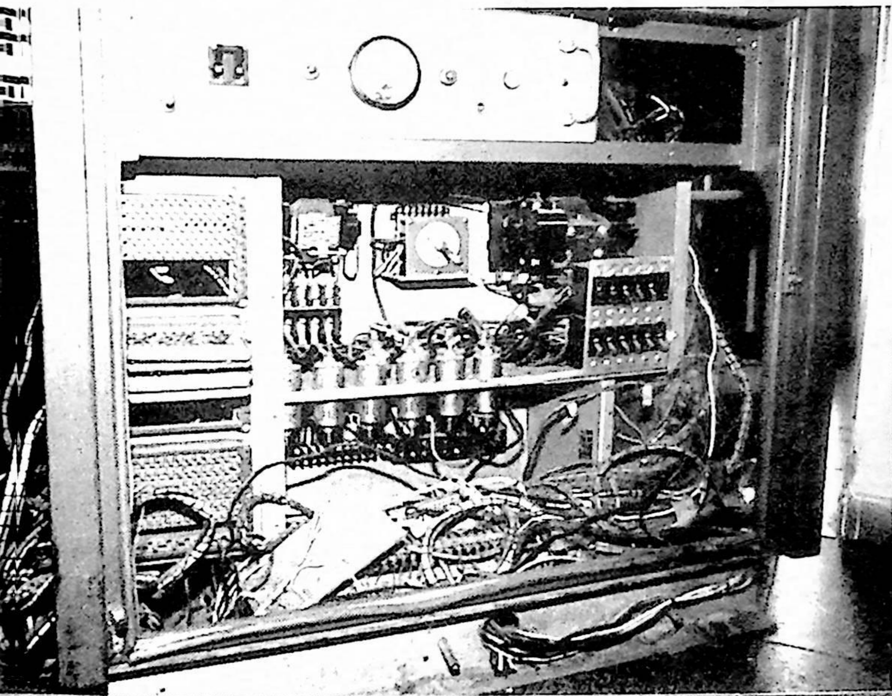
י"ט–כ' בטבת תשמ"ט
27–28 בדצמבר 1988
גני התערוכה-תל־אביב

קול קורא להגשת מאמרים
הכינוס הישראלי לבינה מלאכותית הוא פגישה שנתית של האגודה הישראלית לבינה מלאכותית, שהינה קבוצת התמחות באיל"א. מוזמנים מאמרים בנושאים הקשורים לבינה מלאכותית, הכוללים את הנושאים הבאים:

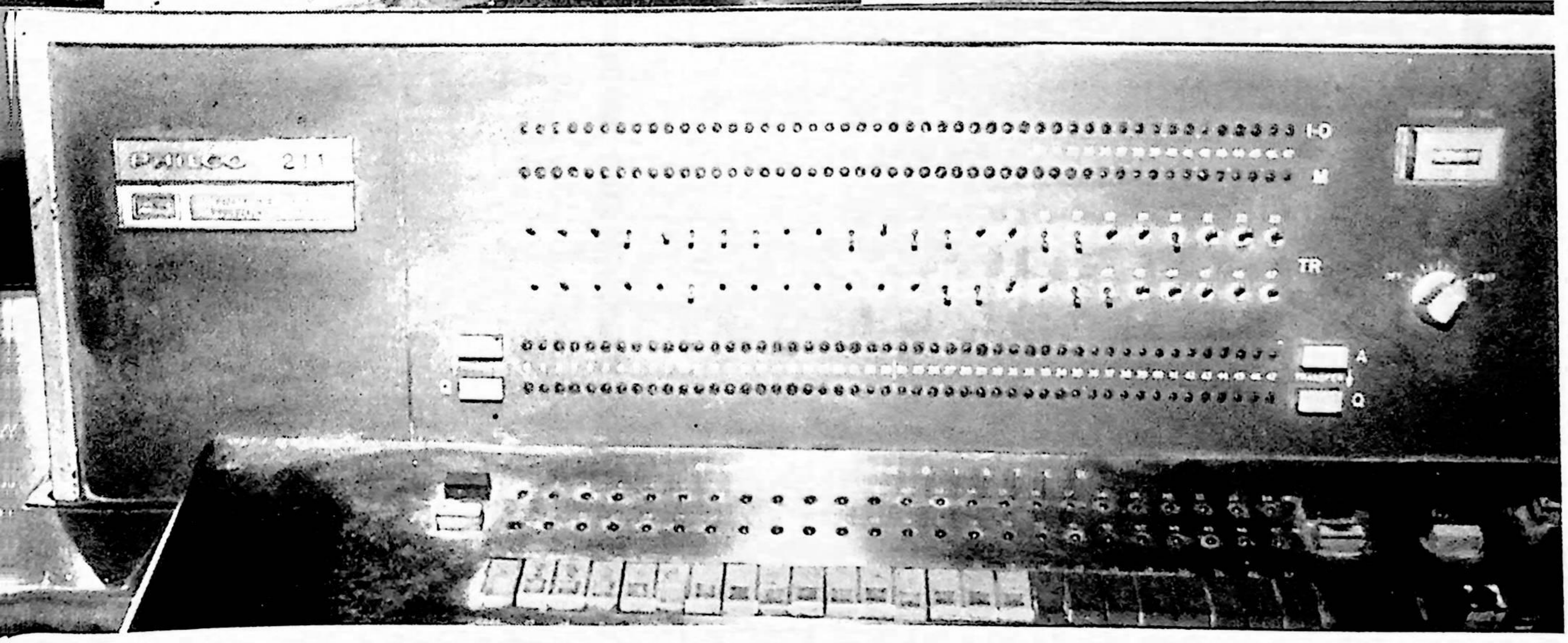
- בינה מלאכותית וחינוך
- שפות בינה מלאכותית, תכנות לוגי
- הסקה אוטומטית
- מודולים קוגניטיביים
- מערכות מומחה
- עיבוד תמונות וזהוי צורות
- ראיה ממוחשבת ותפיסה ויזואלית
- למידה, רכישת ידע, והסקה אינדוקטיבית
- תאוריה ולוגיקה של ידע
- עיבוד שפות טבעיות
- תכנון וחיפוש
- רובוטיקה

א
ת
ג









תחילת המיחשוב בצה"ל

הקצב והעוצמה של התפתחות המיחשוב מקבלים ביטוי תמציתי וחד באופן בו השפיעו על צמצום טווח הזמן המכונה "דור" בשפת היומיום.

כשמדובר כיום על שפות תיכנות מ"הדור החמישי" ראוי לזכור שלפני כ־25 שנים בלבד פעלו בישראל אנשי מקצוע שניסו להקים את מערכות המידע הגדולות של מדינת ישראל בעזרת שפות תיכנות מהדור הראשון.

וכשמדובר בחומרה של "הדור החמישי" נכון לזכור ולציין שבסוף שנות החמישים היה צה"ל אחד הארגונים הראשונים בעולם שרכש, התקין והפעיל את המחשב הראשון מהדור השני. בכך הציב צה"ל את מדינת ישראל, כבר בראשית הדרך, כמדינה מובילה בשימוש במחשבים לתחומים הנקראים היום "מערכות מידע ניהוליות".

כשנרכש המחשב הראשון והוקמה יחידת ממר"מ (מרכז מחשבים ורישום ממוכן), היה הנסיון הקודם במדינת ישראל בתחום המיחשוב מוגבל להתנסות מצומצמת, בקנה מידה מעבדתי, ובנושאים חישוביים בלבד, במכון ויצמן.

עיבוד הנתונים המינהלי בקנה מידה גדול היה בחיתוליו בארצות הברית, ובמידה רבה מעבר לגבולות הדמיון במדינת ישראל.

תנאי רקע אלה מסבירים ומצדיקים את ההערכה הרבה שקהילת המיחשוב בישראל רוכשת לאותם חלוצים, אנשי משרד הבטחון וצה"ל, שבמאמץ רב, בעבודה ללא לאות ובדבקות במטרה, למדו טכנולוגיות חדשות, שיכנעו את הספקנים והמסתייגים, יצרו אמון בין קובעי מדיניות, ובנו צוותים טכנולוגיים ומינהליים אשר בנו את יחידת המחשב הגדולה הראשונה בארץ; יחידה שהנורמות המקצועיות שנקבעו בה מהוות בסיס ויסוד לעולם המיחשוב ומערכות המידע בישראל עד היום.

המטרה שלנו להביא בפני קהילת המיחשוב בישראל דהיום קצת מניחוח "הימים ההם" (מונח נוסף שהמיחשוב צמצם את משמעותו כטווח של זמן). ביקשנו מצוות המפקדים הראשון של ממר"מ והחוליות שפעלו במסגרתו, להעלות ארועים, זכרונות וביקורת על השנים הראשונות.

המפגש שנערך בחודש אוגוסט השנה החל כישיבה שבועית רגילה של מפקדי החוליות במשרדו של ראש ממר"מ, לאחר פסק זמן של 25 שנה.

המשתתפים:

מרדכי קיקיון, ראש ממר"מ
אלכס אורן, ראש תחום תוכנה
סא"ל (מיל') חיים קדים (ליס), ראש חולית אכ"א (היום ממכ"א)
סא"ל (מיל') שלמה רון, ראש חולית אג"א (היום מענ"א)
סא"ל (מיל') יחיאל אלון, ראש חולית ח"א
סא"ל (מיל') קרל וסא"ל (מיל'). מאיר חולית אמ"ן
סא"ל (מיל') אליעזר ארז, ראש תחום בחינה/תיכנות

חסרה היתה לכולנו נוכחותו של דוד כהן ז"ל, שעמד בראש תחומי החומרה וההפעלה.

פרוטוקול הישיבה, אם נרשה לעצמנו לכנות כך את המסמך המובא כאן, הוכן בשני שלבים: הקלטה של המפגש ועריכת החומר, בעזרת המשתתפים.

לנו, ששרתנו באותם ימים כקצינים זוטרים ביחידה הבלתי שגרתית הזו, היתה זו חוויה מרתקת להיות מורשים, לאחר שנים כה רבות, להשתתף בישיבת "הפיקוד העליון". אנו מאמינים שהדברים שהושמעו בישיבה והמובאים בדפים אלה, ישתפו בחוויה זו את הקהל הרחב של חברינו למקצוע היום.

שאולה הייטנר ומיכה חנני

מרדכי קיקיון

התאספנו כאן צוות אנשים שהיה בעת הקמת ממר"מ, לפני כ־30 שנה. ממרחק זמן נוכל לדון עתה מתוך פרספקטיבה הסטורית על תרומת ממר"מ לצה"ל ולמדינה. לצורך זה ננסה לשחזר את תחילת המיחשוב בצה"ל במקביל להתפתחות של נשא עיבוד נתונים בעולם. נזכיר גם את הגורמים להחלטה על המיחשוב ואת הידע שהיה קיים באותה תקופה כאשר מערכת הבטחון קיבלה את ההחלטה האמיצה בנשא.

נתמניתי כראש ממר"מ ע"י מנכ"ל משרד הבטחון והרמטכ"ל. ההסבר לכך הוא כנראה שהצרכנים האמיתיים דאז היו אמ"ן ורפא"ל והעיבודים היו עיבודים מדעיים. חשיבותם של העיבודים האלה היתה גדולה מאד.

בישראל באותו זמן פעל כבר מחשב הוויצאק במכון ויצמן, שהיה בנוי על בסיס המחשב של אוניברסיטת פרינסטון. קבלת זמן מחשב לצרכי העיבודים המדעיים היתה תלויה ברצונו של בעל המחשב, מכון ויצמן, שבאופן טבעי ראה את עבודתו כחשובה ביותר. כל קבלת שעות חישוב חייבה שתדלנות, עבודה בשעות הלילה המאוחרות וכמות השעות לא ענתה על הצרכים.

פער זה בין צרכים ואפשרויות גרם להחלטה על רכישת מחשב עצמאי למערכת הבטחון שיענה בעדיפות ראשונה על צרכי העיבוד המדעי, מתוך הכרה שעוצמת המחשב תשאיר עודף זמן גם לעיבוד נתונים מינהליים.

יש לזכור שבאותו זמן אחד מהתיאורטיקנים בנושא המחשב, פון נוימן, הכריז כי עשרה מחשבים יענו על כל צרכי עיבוד הנתונים בעולם וכל אנשי המדע בעולם יעסקו בזאת.

הויכוח על עוצמת מיחשוב נדרשת נמשך במרוצת השנים, בעיקר בין שני הגופים – ממר"מ ומל"מ כאשר ממר"מ רכש את המחשב בעל העוצמה הגדולה ביותר באותה תקופה – פילקו 211 – ומל"מ רכש מחשב 1401 Card Oriented. גם "העולם הזה" הצטרף לקהל הטוענים, ובמאמר שכותרתו "מוח יש שכל אין" תקף את מערכת הבטחון שקפצה להערכתו גבוה מדי. בהמשך נראה את תרומת ממר"מ לצה"ל ולמדינה הודות למחשב הטרנזיסטורי הראשון, הוא הפילקו בעל העוצמה הגדולה ביותר באותו זמן.

עם ההחלטה על רכישת מחשב הוקם צוות שמשימתו היתה לבדוק את הקיים אז בנושא בעולם והתפתחות חזויה בשנים הקרובות.

הצוות הוקם וכלל את מפקד ממ"ס דאז, סא"ל י. רונן ז"ל, דוד כהן ז"ל, לובין ממנה"ר, י. ניצן מאכ"א ואנכי. כאמור, על הצוות היה

לבדוק את הידוע כ־"state of the art" ולהמליץ על מחשב, חברה ועלויות רכישה.

הצוות ביקר באנגליה בחברת E.M.I. שבנתה אז מחשב שהשטח שנדרש לו היה בגודל השלישות כולה. כמובן, היתה לכך גם משמעות מבחינת דרישות של מיזוג אויר, ונוסיף שמחשב זה היה בנוי על בסיס נורות.
מחשב בפועל, עובד אצל משתמש, לא ראינו.

הביקור הבא היה כמובן בחברת יבמ. משום־מה החליטו בחברה כי אנו זקוקים למחשב מסוג יבמ 650. כשביקשנו לראות מחשבים בעלי עוצמה גדולה יותר ראו זאת כבזבוז זמן ועשו זאת ככפאם שד.
ביבמ היו אז בייצור מחשבי 709 ודומיהם, כאשר גם מחשבים אלה היו בנויים על בסיס נורות והמשמעות היתה שטח, מיזוג אויר, חשמל וכו׳.

״תכתבו בעצמכם״. ברור שענינו בשלילה כי לא ראינו את עצמנו מסוגלים לטפל במערכת כזו, המורכבת מציוד תואם, בלי תוכנה, יחידים בעולם עם מערכת מסוג כזה.
כעבור שנים הותקן במכון ויצמן מחשב 1604 של Control Data אבל הוא הגיע עם כל ציוד העזר הנדרש ועם תוכנה שענתה על צרכי המכון. יש לזכור כי כאן מדובר במחשב עבור עיבודים מדעיים בלבד.

היגענו לחברת פילקו ושוב ראינו מחשב על בסיס טרנזיסטורים שהתחילו לחבר אליו את ציוד העזר. עוצמתו ענתה על הדרישות שהיו לנו אז, מחשב שהיה ענק בזמנו והיום עוצמתו מקבילה למחשב PC. בדקנו האם יש לנו שותפים בהפעלת מחשב מסוג זה והתברר כי חברות ג׳נרל אלקטריק, ווסטינגהאוז, Norad, White-Sands רכשו מחשבי פילקו מאותו סוג. ראינו את עצמנו ב״חברה טובה״,

להיכנס למערך הכנות לקליטת המחשב בישראל והפעלתו בצורה הטובה ביותר, כפי שנראה לנו אז.
הדבר הראשון שטיפלנו בו היה הוצאת צוות טכנאים בראשותו של דוד כהן לחברת פילקו, שילווה את בנית המחשב, יקבע את מלאי הפריטים הנדרשים לתחזוקת המחשב, מערכת חשמל, מיזוג אויר, רצפה צפה, תקרה מיוחדת ותיעוד.
יש לזכור, לא ראינו אף פעם מיתקן בימי חיינו. היינו צריכים לבנות הכל מתוך הרגשה, או מתוך ידע שרכשנו מהספרות. מי ראה רצפה צפה? הוקמה פה תעשיה מהרצפה שלנו. למדו מאתנו איך מקימים רצפה צפה. איך מקימים תקרה. איך לוח החשמל צריך להיראות. ושוב, יש לזכור – אנחנו לא ידענו כלום. כל דבר שהיה דרוש למחשב הובא מארה״ב באויר, תרמנו הרבה לתנועה האוירית בין ישראל לארה״ב.



מתקינים את הפילקו הראשון באולם האחד והיחיד של ממר״מ, 1961

ביקרנו בוושינגטון ב־Bureau of Cencus, הם עמדו במגע עם מכון ויצמן וידעו על הביקור העתידי אצלם. הראו לנו מחשב שנבנה לצורך המיפקד בארה״ב ע״י חברת Remington Rand, בנוי על נורות, בשטח עצום, עם כל הבעיות הכרוכות בכך.

ביקרנו בחברת RCA ושוב ראינו מחשב על בסיס נורות.

חברת Univac לא רצתה לפגוש אותנו כי חשבה שזה יזיק לה במגעה עם ארצות ערב.

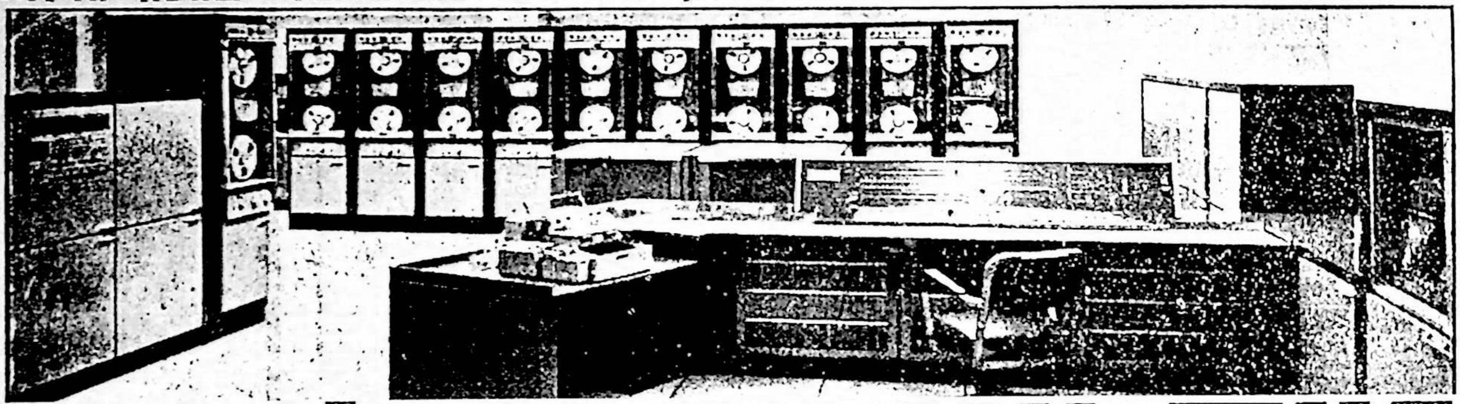
היגענו לחברת Control Data ושם בשטח שהיה מיועד למחסן עמד MainFrame, דגם 1604, בנוי מטרנזיסטורים. התרשמנו מההבדל בשטח, במיזוג אויר ובחשמל לעומת מחשבי הנורות שראינו אצל יצרנים אחרים.
ב־Control Data ראינו את ה־MainFrame וכששאלנו על ציוד העזר: מדפסות, כונני סרטים, קוראות כרטיסים וכו׳, ענו לנו – ״תבחרו מכל חברה שתרצו ואנו נבנה את ה־"Interface", ואשר לתוכנה אמרו,

אולם היום במבט לאחור אני רואה, שבדקנו את היכולת של עיבודים מדעיים ולא שמנו כלל לב לנושא של עיבודים מינהליים. נושא עיבוד נתונים מינהלי היה בפיגור רב ורק מוסדות מעטים עברו למחשבים מיחידות "Unit Records".
המלצתנו לרכישת מחשב פילקו 211 נתקבלה ע״י מערכת הבטחון ונכנסנו למשא ומתן.

קיימנו דיונים רבים עם באי כח החברה על המחיר, על השתלמות אנשינו בחברה, על חוזה שיכיל את כל הפרטים לגבי כל חלק מהציוד. החוזה שקל ק״ג רבים ועריכתו נמשכה שבועות רבים.
חזרתי הביתה עם חוזה חתום, הכולל תיאור המערכת, ביצועי כל פרט במערכת, לוח זמנים, קנסות במקרה של אי מילוי פרט במערכת, מבחני קבלה מוסכמים וכל יתר הפרטים המבטיחים שנקבל מערכת אמינה העומדת בדרישותינו.
דרך אגב, פילקו נכשלה במעבר הראשון של מבחני הקבלה ושילמה 100,000 $ קנס.
החתימה על החוזה עם פילקו חייבה אותנו

מבחינה ארגונית הקו המנחה היה שיחידת המחשב היא יחידת סמך וחייבת להיות מסוגלת לענות על הצרכים בכוחות עצמה.
הבעיה היתה חמורה. היה עלינו לבנות יחידה שלא היתה דוגמתה במערכת הבטחון וגם לא בישראל.
מלזומות היהודים, כמו תמיד, התחילו כאן. וככל שהתקרב זמן הגעת המחשב המלחמות החריפו:
– ממ״ס ראה את עצמו פגוע, בונים יחידה חדשה לא על בסיס ממ״ס, אלא יחידה חדשה לחלוטין.
– צה״ל לא ידע כיצד להגדיר את הגוף החדש: מחלקה, חטיבה או... והשאלה שנשאלה, מהו תקן כח האדם על דרגותיו שיאושר ליחידה.
– האם המחשב יהיה מאובטח, מפני מה וכיצד.
– מהו שטח בנין המשרדים הדרוש עבור אנשי המחשב.
ועוד ועוד.
ברור שהכפיפות היתה לראש אג״מ או סגן הרמטכ״ל ומנכ״ל משרד הבטחון שלא תמיד ראו עין בעין את צרכי ממר״מ והיה צורך לתמרן ביניהם ולהביא את הנושא העומד לדיון לידי הסכמה.
הבעיה הארגונית היתה קשה בפני עצמה. את הצוות גייסתי מאגפי המטכ״ל, כאשר כל אחד מהמגויסים הביא איתו את ההיכרות והידע מהאגף המטכ״לי ממנו הוא בא, כנ״ל לגבי משרד הבטחון.
חשבתי שהדיון עם האגף בהעלאת הנושאים שלו על המחשב ייעשה טוב יותר אם ייצוגו של האגף בממר״מ יהיה דרך הקצין הבכיר שנשלח מהאגף למטרה זו.
לי עצמי היתה גם שאלה מצפונית, האם מותר לנגוס מעוגת הבטחון סכום כה נכבד לצרכי המיחשוב? לא מעט דיונים ניהלתי בנושא עם כמה מאלופי צה״ל. החלטתי שאעשה כל שביכולתי לתת תמורה מלאה תמורת חלקו של ממר״מ בתקציב הבטחון.
זכורני שבאחת מישיבות מטכ״ל, קם עזר

מערכת הביטחון ביזבזה מיליוני לירות, במבצע כושל של שגעון גדלות



מוח יש — שכל אין!

מערכת הבטחון תרמה השבוע שוב את חלקה למערכת הבחירות. שעה שראש עירית תל־אביב, מרדכי נמיר, החל לחנוך, בשיטת הסרט הנע, גנים שנבנו לפני שנים וכבישים שכלילתם טרם הסתיימה — כחלק ממסע־הבחירות של מפא״י; שעה שמפא״י חגגה ברוב פירסומת השקת אוניה חדשה והנחת אבן פינה לנמל, כאילו היו אלה מיבצעים פרטיים שלה — לא פיגר אחריהם גם משרד הבטחון של שמעון פרס.

אחרי תרומתו בשיגור הטיל, נכנס משרד הבטחון השבוע לפעולה בשני מיבצעי־פירסומת נוספים, שנועדו ליצור את הרושם שמערכת הבטחון, שכל כך הותקפה בחודשים האחרונים, אינה שוקדת על שבריה ומתפתחת בצעדי ענק. כך, למשל, הוצג לראשונה בפני קהל עתונאים, דווקא השבוע, שלושה שבועות לפני הבחירות, הטיל האנטי־טאנקי ס.ס. 10, למרות שטיל זה נימצא בשימוש צה״ל כשנתיים ימים.

מיד אחר־כך תקעו החצוצרות שוב בצהלה, כאשר פורסם שמשרד הבטחון רכש מוח־אלקטרוני, מן הגדולים והחדישים מסוגו בעולם, שהגיע ארצה, במיקרה, רק השבוע.

אולם בעוד שלעיני הציבור הוצגה רכישתו של המחשב מדגם טראנזאק מתוצרת חברת פילקו האמריקאית, כהישג מדעי ובטחוני מוהיר, הרי שעה שהגיע המחשב ארצה, במטוס תובלה מיוחד, ידעו כבר רוכשיו שהקנייה היתה כישלון חרוץ, העשוי עוד לעורר הדים במוסדות רבים — כישלון אשר ישתקף, כנראה, גם בדו״ח מבקר המדינה.

★ ★ ★

ביזבוז של מיליוני לירות

בביולטין של מערכת הבטחון, שהוצא לרגל פירסום רכישתו של המחשב ואשר פורסם בכותרות שמנות בעתונות, נמסר כי המחשב נרכש, בעצם, עוד לפני שלוש שנים, וצוות מיוחד של אנשי צה״ל ומשרד הבטחון יצא לחו״ל לקבל את הכשרתו בעבודה עם המחשב. אחד מתפקידיו של המחשב, נאמר, יהיה בהגשת עזרה למטכ״ל של צה״ל, בקבלת החלטות מהירות, המבוססות על רבבות נתונים, בה ניזון המחשב קודם לכן.

מהו בעצם מוח־אלקטרוני?

זוהי מכונה מסובכת, המבצעת פעולות מאתימטיות של חיבור וחיסור, כפל וחילוק, במהירויות עצומות. בעוד שמחשבים קטנים יכולים לבצע רק 20 אלף פעולות כאלה בשנייה, ישנם כיום מחשבים המסוגלים להגיע עד למיליון.

כמו כן יכול המחשב להכיר בין מצבים שונים ולבצע פעולות בהתאם לבחירה קבועה מראש. כך, למשל, יכול מחשב כזה להשב במהירות משכורות המגיעות לעובדים, אחרי כל הניכויים. אולם הוא מבצע גם פעולות מסובכות יותר. הוא מברר אם עובד מסויים הוא חבר קופת־חולים או לא, ואם צריך להפחית לו את מיסי־הקופה; הוא מברר בעצמו לאיזו קופת־חולים משתייך העובד, ומפחית לו את דמי־המיסים בהתאם לנהוג בקופה מסויימת.

המסובך בהפעלת מחשב כזה, אינה ההפעלה שלו עצמה אלא פעולת ההכנה, הנקראת „פעולת־הזנה". זוה פעולת הכנת הנתונים למחשב, על גבי כרטיסיות־נייר או סרטים מאגנטיים, והכנת תוכניות־העבודה של המחשב לגבי נתונים אלה. עיבוד־תוכנית כזו נמשך חודשים ואף שנים.

תוכניות אלה מוחזקות במחשב בתאים אלקטרוניים. זהו זיכרונו של המחשב. ההבדל בין מחשבים קטנים לבין מחשבי־ענק, הוא בממדי הזיכרון שלהם. אם מחשב קטן דומה לזיכרון של אדם, המסוגל לזכור לפי הנחייה את הדרך מהתחנה המרכזית לכיכר דיזנגוף, למשל, הרי מחשב־הענק דומה לאיש, אם ישנו כזה, המסוגל לזכור את כל הדרך מתל־אביב עד פאריס, למשל, דרך מיליוני סימטאות עקלקלות ומסובכות.

★ ★ ★

חברת־ייצור בעדת נסיון מוגבל

משרד הבטחון רכש מחשב הנמנה על סוג מחשבי־הענק. אולם הפירסום סביבו היה מטעה. כי אכן, הידיעה שרק עשרה מכשירים מסוגו מצויים בעולם מדוייקת — אך מסיבה פשוטה: חברת פילקו, שיצרה את טראנזאק, יצרה בסך הכל עשרה מכשירים מסוגו, עד כה. זוהי חברה חדשה בשטח יצור המוחות־האלקטרוניים, שאף לא יצרה מחשבים אלקטרוניים אחרים, מדגם שונה.

בהשואה לחברות אחרות, ותיקות וידועות בשטח ייצור המחשבים האלקטרוניים, מהוים מכשיריה של פילקו טיפה בים. חברת אי.בי.אם, למשל, החברה הגדולה ביותר בשטח זה, ייצרה ושיווקה יותר ממאה מחשבים אלקטרוניים מדגם 7090, שגודל הזיכרון שלהם דומה לגודל הזיכרון של טראנזאק. מלבד אלפי מחשבים בדגמים קטנים יותר, ייצרה חברה זו גם מחשבים בעלי גודל זיכרון רב יותר מזה של טראנזאק. אלה הם המחשבים מדגם סטרטש.

גם חברות אחרות, כמו רמינגטון ונשיונאל, מייצרות מחשבים גדולים ומשוכללים יותר מטראנזאק.

על כן אין בהתפארות, כאילו המחשב של משרד הבטחון נמנה על עשרות יחידי־סגולה מסוגו בכל העולם — אלא אחיזת עיניים.

★ ★ ★

ביזבוז של מיליוני לירות

„טראנזאק" הובא לאחרונה לישראל, אולם התקנתו טרם הושלמה ויעבור עוד זמן־מה עד שיופעל לראשונה. עם זאת, מסתכמות, כבר עתה, פעולות ההכנה במיליונים רבים של ל״י. מחירו של המכשיר בלבד בשוק העולמי, לפי פירסומי חברת פילקו, הוא בסביבות 2,5 מיליון דולאר, ושאר התקציב נבלע בהכנת התכניות והכשרת הצוות.

השאלה שהתעוררה, לאחרונה, במערכת הבטחון היתה: האם השקעה עצומה כזאת, במכשיר כזה, מוצדקת?

התברר כי נמצאו הרבה מערערים על עצם רכישת מחשב־ענק מעין זה בכלל ועל רכישת מחשב מדגם זה דווקא, בפרט. נימוקיהם של המערערים היו מגוונים:

- המנגנון הגדול שעסק בהכנת תוכניות עבור המחשב, לא הצליח עד כה להכין תוכניות שיספקו לו יותר משעת עבודה אחת ליממה. כלומר: כל חישובי הנתונים של חיילי צה״ל והפוטנציאל הצבאי של ישראל, מן החישוב כמה חיילים בשרות פעיל עומדים לרשות הצבא בשעה מסויימת, דרך תחשיב בקבוקי התסס הנמצאים בשק״ם, ועד — מסוגל המחשב לבצע בשעת־עבודה אחת.
- מערכת הבטחון, על כל המוסדות הקשורים בה, אינה מסוגלת, וגם אין לה צורך, להפעיל אפילו מישמרת־עבודה אחת למען המחשב. זמן עבודה זה אינו מהוה יסוד סביר למחשב בעל גודל כזה. את אותם העבודות החיוניות, בעבורן נרכש המחשב, אפשר לבצע במחשבים קטנים יותר.
- בעת רכישת טראנזאק, לא נלקחה בחשבון עובדת היותו מחשב יחיד במינו בארץ. רוב המוחות האלקטרוניים בארץ הם מתוצרת אי.בי.אם.

אומנם, את הכרטיסים בהם ניזונים המוחות האלקטרוניים אפשר לפענח בכל מחשב שהוא, שכן כולם עשויים במתכונת קבועה אחת. אולם סרטים אלקטרוניים של מחשב אחד אינם ניתנים לפיענוח במחשב מסוג אחר. מאחר שטראנזאק ניזון, בעיקר, מסרטים מאגנטיים ולא מכרטיסיות, אין מכונות אחרות מסוגלות לפענח סרטים אלה ולעבוד לפי התכניות שהותוו בהם.

מכאן שכל שיבוש בעבודת טראנזאק, עשוי לגרום לתקלות רציניות במערכת הבטחון כולה — שכן הנתונים שהוכנסו אליו יהיו אז, ברובם, חסרי־תועלת — אלא אם כן תרכוש ישראל מחשב שני מאותו סוג, בהשקעת מיליונים נוספים.

★ ★ ★

המומחים הזהירו

בזמנו, כאשר הוחלט על רכישת מחשב אלקטרוני עבור מערכת הבטחון, הושפעה ההחלטה על־ידי העובדה שבידי צבא רע״ם נמצאים כבר בשימוש מחשבים אלקטרוניים דומים, אם כי מדגמים קטנים יותר.

אך כבר אז טענו מומחים שאין הצדקה להשקעת־ענק ברכישת מחשב של חברה בלתי־מוכרת, ושאין גם צורך במחשב בגודל כזה.

חברת אי.בי.אם גם משכירה מחשבים מכל הסוגים, בדמי־שכירות חודשית. ודמי־שכירות של מחשב בעל זיכרון בינוני, מדגם 1410, נעים בין חמשת אלפים ל־15 אלף דולאר לחודש, כשהחברה עוזרת חלקית בעיבוד התוכניות, במסגרת אותו תשלום. שכירת מחשב מדגם 7090, בעל זיכרון המקביל לטראנזאק צריכה לעלות מ־30 עד 50 אלף דולאר לחודש.

שכירת מחשב כזה היתה מונעת השקעה עצומה ובלתי־רנטאבילית, כפי שהושקעה ברכישת טראנזאק. אלא שמשרד הבטחון התעקש לרכוש דווקא מחשב שיהיה שייך לו. המשא ומתן עם חברת אי.בי.אם, שהתנהל בזמנו, התפוצץ, כאשר טענו אנשי משרד הבטחון שחברת פילקו מציעה להם את טראנזאק במחיר זול יותר מאשר דגם 7090.

טענות המומחים, שהסבירו כי ציוד הלואי שמספקת אי.בי.אם, הידע והשירותים שלה, מכסים את הפרש המחירים בין שני המחשבים — נדחו. גם העובדה שברוב המוסדות הגדולים בארץ, כולל המחלקה לסטאטיסטיקה שליד משרד ראש הממשלה, פועלים לפי שיטת אי.בי.אם, ומשום כך אפשר יהיה לבצע ללא קשיים עבודות עבור מוסדות אלה במחשב ענק מתוצרת אי.בי.אם, לא השפיעה.

★ ★ ★

שגיאה פאטאלית

רק לאחרונה גברה בקרב גורמי מערכת הבטחון ההכרה, שנעשתה שגיאה חמורה ברכישת טראנזאק.

בעוד שמחשב כזה משמש נקודה רגישה מבחינה בטחונית, משום שבקירבו מתרכזות כל הידיעות החשובות על צה״ל, לא יהיה מנוס מגיוס מוסדות ומפעלים אחרים שישתמשו אף הם במחשב, כדי להפכו לרנטאבילי.

עקב כך החלה לאחרונה התרוצצות והפעלת־לחץ על מוסדות וגופים שונים, כדי למנוע מהם רכישת או השכרת מחשבים אלקטרוניים קטנים ולחייבם להשתמש במחשב של משרד הבטחון. במיסגרת מאמצים אלה נעשה אף נסיון לשכנע את משרד הפנים להעביר את כל כרטסת מירשם התושבים, יחד עם הנתונים האישיים של אזרח המדינה, למחשב של משרד הבטחון.

אם אומנם יתבצע צעד זה, הרי נוסף להשקעות העצומות שיצטרכו להשקיע בעיבוד תוכניות למחשב החדש, יוצר מצב בלתי־בריא ביותר: כי אז ימצא, למעשה, משרד הפנים בפיקוחו וברשותו של משרד הבטחון. כך, למשל, יוכל משרד הבטחון לפקח על הכנת פינקס הבוחרים.

★ ★ ★

הפסדים בעתיד

כך אירע, שכנסיון להפוך עיסקה מסחרית רגילה ביותר למבצע בטחוני מלוה בפירסומת רעשנית למערכת הבטחון, נעשתה שגיאה שעלתה לאוצר המדינה במיליוני לירות.*

אולם הסכום שהושקע עד כה אינו מהוה סוף פסוק אם לא ימצאו גורמים נוספים שיעבדו במוח־האלקטרוני של משרד הבטחון, הרי תביא הפעלתו להוצאת סכומים ענקיים נוספים. כל שעת־עבודה במחשב קטן יותר מטראנזאק עולה כאלף לירות. ללא תעסוקה מתאימה, יצטברו הפסדי המחשב לסכומים של מאות אלפי ל״י נוספות לשנה.

משלם המיסים הישראלי ישלם, כרגיל, את מחיר שיגעון הגדלות וחוסר חוש הפרופורציה של האנשים, שתאוות הפירסומת שלהם מחפה על כל חישוב אחר.

---

* לא היתה זאת פרשת הביזבוז היחידה במערכת הבטחון שהתגלתה השבוע. מעריב גילה בימים האחרונים פרשת כישלון נוספת, הקשורה במיפעל האלקטרוני ראן־תדיר שמשרד הבטחון מחזיק מחצית מניותיו. לפי סיפור זה בוזבזו אלפי דולארים על רכישת מפעל־כושל ליצור טרנזיסטורים.

"העולם הזה" 2.8.61 כ׳ אב תשכ״א

ויצמן ואמר: "הוא הולך לקחת תרפ"ט מיליונים מהעוגה הבטחונית, תנו לי את הכסף הזה, אני אקים עוד מסלול בחצרים. מי יתן תרומה יותר גדולה? הוא עם המחשב או אני עם המסלול הנוסף בחצרים?" דברים לא היו פשוטים. אתה היית צריך להיות משוכנע במה שאתה אומר, היית צריך לקבל תמיכה. היה לי מזל שהיה לי גב טוב. אבל האמת היא שגם אני לא תמיד הייתי בטוח שאני עושה דבר טוב.

אלכס אורן

באותה תקופה עליה סיפר קיקיון, בשנת 1959 ישבתי ב־MIT. היתה פגישה של ACM בבוסטון, ובעתונות המקומית הופיעה תמונה של נציג מישראל שמגיע ל־ACM, פיני רבינביץ, עם זקן גדול (הוא נמצא בחו"ל ולכן איננו אתנו היום). יום אחד בא לקראתי הזקן הזה במסדרון ב־MIT. ברכנו לשלום אחד את השני, דיברנו כמה דקות ונפרדנו. שבוע אח"כ, כנראה בזכות אותה פגישה, פנתה אלי המשלחת מניו יורק שאצטרף אליהם, והיה שם גם קיקיון, איך שאתם רואים אותו אבל עם הרבה שערות. הציעו לי הצעה. סידרו אותי כהוגן, אבל מילא, זה סיפור אחר.

נסעתי לפילדלפיה, ישבתי כמה חודשים עם דוד כהן בנושא הפילקו הראשון שלנו. אז קליינטים ליוו את המחשב. המחשב של כל קונה היה מחשב ספציפי. אנחנו גרמנו בעצם לתכנון של הפילקו. כשדוד כהן התחיל במשא ומתן, לפילקו היו סרטים מגנטיים שכתבו כל בלוק פעמיים, מפני שהוא לא היה מהימן מספיק. כשגמרנו, היה בלוק אחד בגודל קבוע. גרמנו לשינויים רבים במחשב, בעיקר דוד כהן. דוד היה מומחה למחשבים הוא עבד ב־RCA על המחשבים הענקיים, Edzak, עם 200 כוננים לסרטים מגנטיים. הוא התחיל לעבוד בביטוח הלאומי האמריקאי, בסינסינאטי, ולכן היה לו נסיון רב בנושא. תוכנה לא היתה כלל, עד שלחצנו. כתבו אסמבלר TAC וזאת היתה התוכנה היחידה. לא היתה מערכת הפעלה. אח"כ כתבו ALTAC שהיה פורטרן עבור הפילקו. מערכת ההפעלה נכתבה לפי ספציפיקציות שלנו, בהן השתתף גם מאיר שפירא.

מה עוד אפשר לספר מהימים ההם? כן, בסופו של דבר היגעתי ארצה, ופה העניין הגדול היה WRF ו־RDFF, איך קוראים סרטים מגנטיים ואיך כותבים. בן־הראלי ישב עם צוות תוכניתנים בקרית מאיר, ללא מחשב וללא הגדרות תוכנה בסיסיות וזו היתה הבעיה הגדולה. ניסינו לשכתב את הרהפרודוקציה של ממ"ס באותה צורה בדיוק על הפילקו. תרגום מלא, אלא בסרטים מגנטיים במקום כרטיסים. היתה כרטסת התחלתית שעברה מספר תהליכי הפרדה, מיון, ספירה, ליווח וכו'. תיכננו טבלה של כעשרים מעברים, איך לעבור מסרט לסרט. נסעו עם זה לאמריקה, לבדיקה, בן־הראלי, זאב פאר ואני.

היו כמובן גם הנחיות מפורשות מבטחון שדה – קודם כל את הכרטסת ערבבו בצורה אקראית, כדי שלא יהיו שמות ולא יהיו דרגות ולא יהיה כלום. את הכרטסת הזאת, כ־70 אלף כרטיסים, היה צריך לסחוב כל בוקר מהמלון בכספת. בן־הראלי בא עם כספת קטנה, בתוכה היו הכרטיסים לניסוי של אותו יום ועם זה היינו נוסעים כל פעם לפילקו ובחזרה. בטחון שדה בדק אם יש אפשרות שבפילקו יש מרתף ושם יהיה, תחת המחשב, מחשב מקביל, שיעתיק את מה שאנחנו עושים למעלה. היה צריך לבדוק. היתה פראנויה לא נורמלית בימים ההם.
אגב, הרפרודוקציה הזאת אף פעם לא עבדה.

מיכה חנני

השמועה אומרת שהיא לא עבדה, מפני שבין השאר סגרו את הכרטיסים בארגזים ודפקו בהם מסמרים שנכנסו לכרטיסים.

אלכס אורן

עשו ניפוי אחר ניפוי. וזה אף פעם לא עבד. עד סוף הקריירה לא עבדה הרפרודוקציה. אכ"א התחיל מחדש,

מיכה חנני

דרך אגב, מה שאמרת הזכיר לי ואבקש מחיים קדים לאשש או לשלול את דברי, שהיה איזה אירוע בשנת 1963, דיון מאד רציני במטכ"ל, אחרי שעבדנו כשנתיים ללא תוצאות. היתה חובה להשיג תוצאות בכל מחיר, הכנו כרטסת, נדמה לי שהיתה זו כרטסת ליחידות. הדפסנו את הכרטסת, קנינו כריכות יפות של דפי מחשב, הראשונות אז, והכנו דו"ח: תוצאות עבודת המחשב על קובץ יחידות של צה"ל.

אלכס אורן

התועלת הראשונה מהמחשב, שהיתה פחות או יותר סבירה, היתה בחולית אכ"א – התקנים. מצבה לקחה עוד הרבה זמן, אבל תקנים יצאו. אח"כ, נדמה לי, התחיל מערך הקצונה באמ"ן לפעול. והשלישי התחיל בחולית חיל האויר. אני זוכר את הביקור הראשון בחוליית אג"א, עזר ויצמן עמד והרים את מכנסיו תוך כדי אמירה – "זה עלה כמו מיראז' וזה לא עף". אח"כ הגיע יצחק רבין, אמרו לו שאג"א עובד, "אז תגידו לי איפה נמצא הג'יפ שלי". היית צריך להגיד לו איפה הג'יפ רשום.

כשאפסנאות חיל אויר עלתה על המחשב התגלה כמה שעוני טייס היו בחיל, היו פי עשר שעונים מאנשים, וכך גם מעילי טייסים.

חיים קדים

את הספור שמיכה מספר עכשיו על דו"ח תקני כ"א שפיברקנו כביכול אינני יכול לאשר או להכחיש. לא זוכר את זה בכלל. אבל זה לא מוכיח דבר. אני שומע פה דברים – מקיקיון ומאלכס – שלא רק שאני לא זוכר, אני חושב שבכלל לא ידעתי עליהם. אולי גם לא היו. האמת היא שיש כמה דברים שאני זוכר אותם עכשיו אחרת, אבל אני חושב שלא כדאי להתחיל להכניס גירסאות שונות של ההסטוריה. את מה שנאמר לא אתקן.

מיכה חנני

לעומת הדברים ששמענו עד עכשיו אתה עמדת בראש היחידה הראשונה, שבעצם מטרתה היתה שימושי מחשב מינהלי גדול, וזו היתה חולית אכ"א.
מה היה בהתחלה?

חיים קדים

מה קרה עד שהגעתי לשם, אין לי מושג. אני יודע שהיתה ועדה שנסעה לארה"ב, אני מכיר סיפור שחיפשו אוכל כשר בשביל יהו־

היות ושיכלנו את אחד ממיסדי ממר"מ החשובים – דוד כהן ז"ל, אני רואה חובה להזכיר, ולו במעט את תרומתו.

פגשתי לראשונה את דוד בפילדלפיה ב־1959. הוא היה אז הנציג הבכיר של ממר"מ בפילקו ודאג שהמחשב שקנינו יהיה תקין ומתאים. דוד הגיע לארצות הברית, נדמה לי 9 שנים קודם לכן והספיק כבר לקבל תואר שני בהנדסה אלקטרונית. נוסף לכך דוד עבד מספר שנים בחברת RCA בנושא מחשבים ורכש נסיון עצום בשביל הימים ההם בהנדסת מחשבים, בהתקנתם, אחזקתם ובעיותיהם. לפני פגישתנו הראשונה הספיק דוד להיות מעורב בכל שלבי הקמת ממר"מ ובכל ההחלטות החשובות שהיו קשורות בכך. בפילקו עמדו אז כ־6 מחשבים בשלבי הרכבה שונים, שלנו היה הרביעי. דוד תרם הרבה לתכנונו של הפילקו, הן פונקציונלית והן הנדסית, ולא מעט בגלל התערבותו שונה המודל מ־Transac–210 ל־Philco–211, שהיה מחשב מתקדם בהרבה. חברת פילקו חזרה והביעה את הערכתה הגדולה לתרומתו של דוד, לא רק בנושא המחשב שלנו אלא גם על שאר המחשבים שהיו בייצור. נדמה לי שרק המחשב הראשון שהותקן ב־White Sands עבור צבא ארה"ב היה מהמודל הישן, השאר היו כבר 211. על כל מחשב בפילקו עבד צוות של הקונה, אך רק שלנו היה צוות רציני שהיה מעורב באופן שוטף בפיתוח וביצור.

דוד חזר ארצה עם הפילקו ב־1961 ותרם רבות לקביעת נוהלי העבודה ולהתקנה עצמה בממר"מ. הוא השתתף בתכנון המרתף הראשון, מיזוג האויר, הספקת החשמל וכו'.

התמזל מזלי לעבוד עם דוד כהן בכל השלבים הראשונים של ממר"מ, הן בארצות הברית והן בארץ, וזכורות לי תרומותיו הרבות בשטח התיכנות, ההדרכה, הסטנדרטים וכו', שבחלק מהזמן היו באחריותו. תרומתו לנושא המיכון במדינה גדולה בהרבה וכוללת גם את התקופה בה עבר ל־יבמ וניהל את החברה בארץ.

אלכס אורן

דה ניצן. אבל זו ידיעה מיד שניה. אני זוכר, ואני חושב שזה היה בראשית 1959, יהודה בלום הזמין אותי והציע לי שני תפקידים: השלישות הראשית, בתפקיד קצין כח אדם ראשי, או המחשב. נתן לי 24 שעות לחשוב, ואמרתי מחשב. היגעתי לממר"מ. היגענו פחות או יותר לקורס הראשון, שהיה ב־1959, עד כמה שאני זוכר.
אני על מחשבים לא ידעתי כלום, מלבד מה שלמדתי באותו קורס תיכנות, שנמשך חודשיים. לפני זה לא ידעתי על מחשבים שום דבר, ועבר זמן רב עד שלמדתי עליהם משהו, מעבר לתיכנות בסיסי. זה מה שלמדנו בקורס: תיכנות בסיסי, מספרים בינאריים והקסאדצימאליים – חידושים מהפכניים. הקורס התנהל באנגלית, והאנגלית שלי – ושל רבים אחרים – היתה חלשה מאד.

מיכה חנני
מי העביר את הקורס?

חיים קדים
מדריך מארה"ב, קראו לו הארב, איש מטעם פילקו. כשהיגעתי הייתי תחת פיקוד שלך, קיקיון. אני חושב שבעצם מי שריכז את העבודה של החוליות, היה אליעזר ארז. הפרויקט של הרפרודוקציה של ממ"ס, שאתה אלכס הזכרת, של בן־הראלי – לא היה פרויקט של אכ"א, אלא במסגרת ניסויים של ממר"מ.

מיכה חנני
זה נראה לי תחום מעניין, נסיון ראשון לנצל את המחשב. מה ששמענו עד עכשיו על המחשב, ואני חושב שזה נכון באופן כללי, שהשימושים הראשונים בעצם היו השימו־שים הלא־אדמיניסטרטיביים.
השימוש האדמיניסטרטיבי התחיל אז בחול־יות אכ"א ואג"א וח"א, הם הראשונים שהתחילו לדבר על שימוש שאינו מדעי.

חיים קדים
אבל לנו לא היה מושג על משהו אחר או על שימוש מדעי. אנחנו הובאנו כדי להתחיל שימוש אדמיניסטרטיבי. זה היה התפקיד שלנו.
מה שמעניין פה, הרי היתה פה קומבינציה של טכנולוגיה חדשה מצד אחד, והציפיות של אכ"א ממערכת כזאת, מצד שני. הציפיות הראשונות לטווח הקצר לא היו מהפכניות. הציפיה היתה שנעשה אותם דברים שנעשו בממ"ס, אבל יותר מהר, עם מיגוון רב יותר של נתונים.

אלכס אורן
כדאי להזכיר שיחיאל אלון היה הראשון עם גישה ניהולית באמת לשימוש במחשב. עם עיתוד מלאי. היו לנו הרבה רעיונות גדולים ואולי בגלל זה לקח שנים עד שזה התממש. זו היתה תכנית גרנדיוזית.

מיכה חנני
אבל אתה יודע מדוע, מפני שרק לחלק מהא־נשים, ואני כסטודנט הייתי שייך אז לקבוצה זו, היה ברור מה צריך לעשות. אנחנו היינו שייכים לקבוצה שחיכתה שיבוא המחשב, מפני שהיו לנו בעיות וידענו, שאם יהיה מכשיר כזה, הוא יעזור, וכשבא המכשיר, היינו מוכנים. בתחומים אדמיניסטרטיביים המצב היה לגמרי שונה. נחתה פה טכנולוגיה לא לאוכלוסיה שחיכתה לטכנולוגיה זו שת־בוא, אלא שבכלל לא היה לה שום רקע לקלוט אותה.

אלכס אורן
מוכרחים לזכור, זה היה בימים ההם לכל היותר כלי רישומי ולא כלי ניהולי. אולי ח'א התחיל בו שימוש ככלי ניהולי. עקרונית זה היה כלי רישומי.

מיכה חנני
הנקודה הזו נראית לי חשובה, כי שוב, כשאני למדתי בטכניון, צבי ציגלר, שהיה כיתה מעלי, כבר לימד אותנו תיכנות על הוויצאק. הוא למד במכון ויצמן, ובא ולימד אותנו, וזה היה ברור לנו מה הוא מראה לנו, כי בעצם חיכינו לזה. יש בעיות במשוואות דיפרנציאליות שידענו שאם תהיה מכונה כזו היא תעזור לנו לפתור אותן, והנה המכונה באה. אבל אני בטוח שבאכ"א לא היו אנשים שאמרו: אם יביאו לנו מין מכשיר כזה, פתרנו את בעיותינו.

אלכס אורן
נכון. היה מכשיר וחיפשו מה לעשות איתו.

מיכה חנני
על כך אני שואל אותך, חיים, איך זה התק־בל? זו היתה הנחתה, בעצם. באה טכנולוגיה ונחתה.

חיים קדים
לדידנו היה בסיס של כרטסת כח־אדם בממ"ס שצריך היה להמשיך ממנה. ודרך אגב, אולי יהיה מעניין להשוות את הבסיס של שלוש החוליות: אכ"א, אג"א ו־ח"א. אני חושב שהבסיס של כ"א בממ"ס היה משוכלל, ואכ"א קיבל שירותים רציניים מאד, אמנם רק עיבוד נתונים, לא קבלת החלטות בעזרת המחשב, אבל לא היו כלים, היה מידע שהמערכת הזו סיפקה. הבעיה באכ"א, כפי שאני זוכר עכשיו, היתה בעיה כמותית: מידע יותר מפורט, יותר מהר ויותר עדכני. בלי מהפכה תפישתית, לפחות בשלב הרא־שון. הבעיה היתה לקחת את מה שהיה בממ"ס, במסגרת שמונים טורים, ובמסגרת הרעיונות שהעלינו, להוסיף עוד נתונים. היה אז בין היתר פרויקט אמביציוזי של נתוני קצינים עבור מינהל הסגל, עם הרבה נתונים וקשרים מורכבים ביניהם.

אלכס אורן
פרויקט גדול אצלך היה סאונדקס, רוממיה הלוי־סגל טיפל בנשא.

חיים קדים
אם אתה נכנס לפתרונות של בעיות טכניות ספציפיות זה ענין אחר. הבעיה של התקנים – תקני כח־אדם העסיקה אותנו מאד. היתקנו אז מערכת תקנים משוכללת מאד. בצד הטכני, אני זוכר שבעזרתך אלכס, אימצנו את הרעיון של טבלאות חיצוניות והקמנו קובץ טבלאות. הבעיה העיקרית שלנו היתה איך להעביר את ממ"ס אלינו, לא את מה שהיה אצלם, אלא עם הרבה יותר נתונים. פה אולי התגלתה התמימות הגדולה שלנו, לא ידענו בפני מה אנחנו עומדים, לא ידענו להעריך את הקשיים, והתחלנו עם תאבון ענקי, ובגלל זה ההסבה נסחבה בלי סוף ואני לא זוכר אם גמרנו עד 1965, כאשר עזבתי, או לא.

אלכס אורן
ההסבה היתה כשאני עוד הייתי בממר"מ. היה צורך למיין 11 סרטים מגנטיים ולעשות בסוף מרג' (איחוד) של 7 סרטים בו־זמנית!

חיים קדים
אבל כשהתחלנו עם הפרויקט ב־1959, בקו־רס, או זמן קצר אחרי הקורס, התוכחנו אם



שורה אחרונה משמאל חיים קדים, שורה שניה משמאל לימין שלמה רון ודוד כהן.
שורה ראשונה משמאל לימין יורם בן־שחר, יצחק רבין, צבי צור ומרדכי קיקיון.

בשביל לחשב משכורות של כל צה"ל, נצטרך חמש דקות או שבע דקות, כי היה ברור שביתר הזמן אין מה לעשות. לא היה ברור מה נעשה עם כל כך הרבה זמן מחשב.

קרל

אני נחתתי במחשב ולא ידעתי מאומה. הייתי במשרד שלי, כרגיל, בבוקר, עם מאיר באותה יחידה. סגן ראש אמ"ן טילפן: קרל, קרה פנצ'ר, מרדכי גיחון (כיום פרופ' לארכיאולוגיה באוניברסיטה ת"א) הועבר ליחידה חדשה, והוא אומר שהוא לא מוכן להמשיך כי זה לא השטח שלו. התחיל קורס, וצריך מישהו שיודע אנגלית שישתתף בקורס. כך הצטרפתי ביום הרביעי או החמישי לקורס של הארב יעקובסון. לא ידעתי מאומה מכל הענין הזה ונכנסתי לכל הנושא די במקרה.

הבעיה המקצועית שלי היתה אחרת מאשר בעיותיהם של העמיתים שלי. הם עסקו כבר



בעיבוד נתונים. אני עסקתי באיסוף מידע, עיבודו ושליפתו. לא היה כל תקדים לשימוש במיכון משרדי לצרכים אלה. הייתי בוודאי בין ראשי החוליות החיילים הראשון, אשר היה חייב להתלבט בבעיות של איחזור מידע, עם כל הכרוך בכך. לכן גם לא התאימו לנו החיילים והחיילות אשר נשלחו לעבודה בחוליות. ליתר החוליות היה בסיס בחילות שלהם שממנו יכלו למשוך כח אדם עם נסיון כלשהו בעיבוד נתונים. לחוליה של אמ"ן לא היה כל מקור לכח אדם מיומן.

חיפשתי, בעזרת פרופ' יהושע בר־הלל ז"ל ואחרים, כח אדם מתאים למשימה. בהסתכלות אחורה אני חושב שהבחירה היתה טובה. אני חושב שמכל הצוות שעבדתי אתו, לפחות בשנים הראשונות, יש רק אחד שלא הגיע לדרגת פרופסור, וזה יהושע מאור – מנהל יבמ ישראל. כל היתר הם פרופסורים באוניברסיטאות בארץ ובחו"ל.

מיכה חנני

זאת אומרת, לא פיספסת בבחירה.

קרל

לא. אני לא חושב שפיספסתי בבחירה. אני זוכר איזו אנקדוטה, בקשר לגיוס עובדים לחוליה. כדי להוציא את אחי ברנד, בזמנו מוסמך למתמטיקה וכיום פרופ' במכון ויצמן, שהיה אז אפסנאי באיזו יחידה בצריפין, הייתי זקוק לפקודה ישירה של יצחק רבין (סגן הרמטכ"ל). נסעתי בעצמי לצריפין כדי לקבל אותה ולהיות בטוח שהפקודה תתמלא. האפסנאי הממונה עליו אמר לי: עוד אף פעם לא היה לי חייל שידע להתאים את מספרי הגרבים כמוהו ואז בא סגן הרמטכ"ל ומקלקל את הכל.

יהושע מאור היה תוכניתן ראשי בחוליה שלנו. כאשר גמר את שירות החובה שלו עבדתי קשה כדי להחתימו לקבע והוא לא רצה. אני חושב שלא אני, בסופו של דבר, הצלחתי לשכנע אותו להישאר תקופה נוספת, אלא גליה הצליחה. זכור לי עדיין שבאחד הויכוחים על שירות קבע אמר לי יהושע: "אתה יודע, קרל, ההבדל בין הדור שלך לבין הדור שלי הוא שאתם עדיין ציונים". כיום, כעבור למעלה מ־25 שנה, אני שמח שהוכחנו שכולנו ציונים. בכל אופן, הבעיות של הקבוצה שלנו היו שונות ויחודיות מאוד. עבדנו על נתונים אלפא־נומריים, כאשר הנתונים המילוליים היו העיקריים. נתקלנו בבעיות שלאיש מאתנו לא היה מושג בהן כאשר פגשנו אותן לראשונה, כמו למשל הסאונדקס, שעליו למדתי תוך התכתבות עם מדען קנדי.

ההכרח להגדיר במדויק מושגים ושמות ונושאים בלתי מדויקים בעלי פירושים שונים, גרם להרבה בעיות. בעיות אלה לא היו רק בעבודתה של חולית אמ"ן על המחשב אלא גם בהידברות בין אנשי החוליה עם הצרכנים העתידיים בחיל.

להם היה קשה לקלוט את הגישה החדשה לנשא, אפילו בנשאים פשוטים כמו עריכת האינדקסים. הבעיה המרכזית של עובדי המחקר באמ"ן היתה היכולת לאבחן נכונה בין הדברים שהאדם צריך לעשות, לבין אלה שהמכונה או המערכת המופעלת על ידה יכולים לעשות. להחדיר את ההכרה שניתן לעשות את תהליך ההחלטות יותר תכליתי, יעיל ואמין לקח הרבה שנים. העבודה המודיעינית הרגילה לא השתמשה במערכות לעיבוד נתונים ולא היתה כל מסורת של שליטה ניהולית במאגרי מידע. היה צורך ליצר "יש מאין" ובעיקר לשנות דפוסי מחשבה מושרשים היטב.

במבט לאחור נראה לי שהעבודה שבה התחלנו בממר"מ לא שינתה את החיל שיצגנו, אלא השפיעה בנשאים רבים אחרים, שיש עוד מקום לדבר בהם.

מיכה חנני

נראה לי שחלק מהנשאים שקרל דיבר עליהם, היו מספיק מהותיים ועד היום אין להם פתרונות טובים. עם כל הכלים הסופר־מודרניים שיש היום, עדיין מתמודדים בדיוק עם אותן בעיות, כמו בעיות של תרגום משפה לשפה. התעוררה בעיה כיצד ניתן להבחין בין מה יכולה מכונה לעשות ומה לא להשאיר למכונה לעשות, האקסטרא־סיסטם, ורק היום אני מרגיש שאנחנו בתחילת הדרך בתחום הזה.

אליעזר ארז

היגעתי לממר"מ מתפקידי כקצין רישום ראשי בשלישות הראשית. בשלישות הראשית היתה לנו כרטיסיה שקראנו לה כרטיסיה סטטיסטית, כרטיסים מנוקבים, שבעזרתם היגשנו מידי חודש דו"ח על מצב כוח אדם סדיר בצה"ל, ואחת לשלושה חודשים על מצב כוח אדם במילואים.

הבעיה העיקרית שהיתה בדוחות האלה, מעבר למגבלות של עבודה בכרטיסים מנוקבים, שנעלמים כרטיסים או צרות מסוג זה, היתה העדכניות של העבודה. במקרה הטוב, יכולנו לתת ב־25 בחודש דו"ח נכון לאחד בחודש, ואז כל פעולה בה רצינו לנקוט לגבי גיוסים, שחרורים, ויסותי כוח אדם, כבר היתה לאחר מעשה. מכל מקום, היגעתי לממר"מ אחרי שהוחלט כבר על רכישת הפילקו ועל הקמת יחידת ממר"מ. התפקיד העיקרי שלי היה גיוס כוח אדם לממר"מ, טיפול בנשאי מינהלה מסוימים וקצת בהכוונת העבודה המקצועית.

ההחלטה, למזלנו הרע, אם כי בדיעבד לא היה נורא, נפלה לקראת חודש נובמבר. מי שמכיר את הגיוסים בצה"ל יודע שהשמנת באה בגיוס אוגוסט, ובנובמבר מגיעות רק השאריות של השמיניות. כאשר היגעתי לבקר"מ היה מספר המועמדים מצומצם ביותר. בכל זאת עלה בידי לבחור קבוצה של בחורים. ביניהם אלי עטר, מאיר כהן ועוד כמה שהם היום עמודי התווך בעיבוד הנתונים בישראל. היה ברור לי שיש בהחלט מקום גם למין היפה במקצוע המחשבים. אך גם כאן מספר המועמדות היה מצומצם ביותר ורק בקושי רב הצלחתי למצוא שלוש בנות.

נוסף לזה קיבלנו אז את אנשי העתודה האקדמית, יצחק עמיהוד ומאיר פז, שאחד הלך לאג"א ואחד לאכ"א. נתן רסקין – תפגשו אותו ואז יספר לכם איך הוא הגיע לממר"מ. אריאלה אדמון כבר היתה מומחית גדולה, כי עשתה תרגיל בוויצאק, הלכה לחיל האויר. היה גם מנחם גוטרמן, היום בדיסקונט, שבא יותר מאוחר ונאבק בי, אמר לי: אני רוצה להיות פיזיקאי. אמרתי לו: תהיה פיזיקאי, אבל קודם תתן את מה שצה"ל רוצה ממך. אני עדיין חושב שהוא לא מצטער, אבל צריך לשאול אותו. זה בענין גיוס כוח אדם.

אח"כ עמדה השאלה מה עושים. קיבלנו קורס מהרברט ג'ייקובסון, אך ללא כל אפשרות של תירגול מעשי. אני טענתי אז שמבחינת אכ"א, מתוך מה שהספקתי להבין בקורס ומנסיוני המקצועי בעבודה כקצין רישום ראשי, אם ניקח ונסב את הכרטסת הסטטיסטית של ממ"ס, אנחנו הורגים שתי ציפורים במכה אחת. דבר ראשון, ברגע שיבוא המחשב, יש לנו תוכנה שאפשר לנסות אותה ולהריץ אותה, ואם אכן זה יעבוד אנחנו נותנים לאכ'א כלי שאיננו בידו. כלומר, אפשר יהיה לקבל, כבר ב־5, ב־10, ואפילו ב־15 בחודש את אותם נתונים שהיו מקבלים

ב־25. הטענות שכנגד היו, שלא בשביל זה הבאנו מחשב, בשביל לעשות במחשב פילקו הענק את מה שאנחנו עושים היום בציוד קונבנציונלי. לדאבוני גברו אלה שהחליטו שלא בשביל זה הבאנו מחשב, והפסיקו בזה, וכתוצאה מכך גם אכ״א לא היה בשורה הראשונה בהכנת העבודות בזמן קצר יחסית. התפקיד המוגדר שלי היה ענף בחינה ותיכנות, כי במינהלה באמת לא עסקתי הרבה, ובמשך הזמן היו אנשי מינהלה ולא היה טעם שאני אעסוק בנושא. ברגע שהתברר שחוליות אכ״א, אג״א ו־ח״א הן למעשה עצמאיות, התפקיד שלי למעשה הסתיים, וגם אני סיימתי את עבודתי ואת חלקי הצנוע בממר״מ.

אלכס אורן

אני חושב שחשוב לתת קצת פרופורציה. אנחנו מדברים על פילקו 211, שאם אני זוכר נכון, זמן שעון שלו היה שני מיקרו, דהיינו חצי מגה. כמה זה? זה עשירית מ־PC רגיל. אמנם המילה היתה גדולה, 48 ביטים, שתי פקודות למילה, אבל 16K היה כל הזכרון. אבל הקידוד היה יוצא מן הכלל יפה.

מחשב זה שקל כמה טונות, היה צריך להביא אותו במטוס מיוחד עם רצפה מיוחדת על קפיצים, כדי שלא יקבל זעזועים. זה היה פרויקט שלם. הביטוח על המטוס הזה היה יותר משעולה היום מחשב ענק. כמה זה היה, מאה אלף דולר? אני זוכר שחיפשנו חברת ביטוח.

המדפסת היתה של 1000 שורות בדקה, רוחב 160 טורים. המדפסת היתה חצי אנגלית וחצי עברית, 80–80. עברית הודפסה מימין ואנגלית משמאל. היה גם קורא כרטיסים מהיר של 2000 כרטיסים בדקה, שרוב הזמן לא עבד.

מיכה חנני

אני מבקש להפנות ליחיאל הערה. כשאני מתבקש להרצות, אני משתמש בדוגמה דווקא מיחידה 180. תמיד מתעוררת השאלה, מה התועלת שאפשר לראות מהכנסת מערכת ממוחשבת. את השאלה הזו שואלים גם היום. נראה לי ששמעתי את זה ממך או ממישהו מהיחידה, שאת התועלת בהפעלת מערך המלאי של ח״א אי אפשר היה לראות בזמן שהקימו את המערך הזה, מפני שהמערך עשה בדיוק את מה שעשו האפסנאים של ח״א. השאלה היא, האם אנחנו רוצים גם היום להחזיק את אותו מצאי של מטוסים וחלקי חילוף, שהחזקנו בשנת 1961, מפני שזה מה שמערך האפסנאות הידני של ח״א היה מסוגל לעשות. במילים אחרות, בבניה של מערכת ממוחשבת, אין טעם לחפש את התועלת מיד עם הקמתה. לא יתכן שהמצב יתהפך פתאום ויהיה הרבה יותר יעיל. אבל אם אחרי עשר שנים אפשר להסתכל לאחור ולהגיד שהיום אי אפשר היה לעבוד ללא המערכת, זו הדוגמה.

אלכס אורן

אני יכול לספר לך דבר אחד פשוט. קיקיון היה מביא קליינטים לממר״מ כדי למכור שעות. באו פעם מאגד, והראינו להם אפסנאות, אני לא זוכר אם של חיל אויר או אג״א, והמנהל מאגד שאל: ״אני צריך להקטין את המלאי? לפני כמה שבועות מצאו אצלי במחסן עשרת אלפים טונות פלדה שלא ידעתי על קיומם ומחירם בשוק עלה יותר משהאוטובוסים שווים. אז אתה רוצה שאני אחזיק ניהול מלאי כזה?״

יחיאל אלון

להערתו של מיכה, לא צריך היה לחכות עשר שנים. אחת התכניות שהפעלנו מיד, והיתה דרמטית, זה שהריצו את המלאי נגד נתוני צריכה וגילו שיש 800 אלף דולר מלאי מעל הדרוש. אפשר היה מיד לקבל תמונה ברורה, ובניגוד אולי לאג״א, ששם החולצה לא מתיישנת כל כך ולא יוצאת מהשימוש, ותמיד בסופו של דבר אפשר להשתמש ברוב המלאי, הרי בחיל האויר, ההתיישנות היתה גדו־



לה, מפני שעברו ממטוסים למטוסים, מאנגלים לצרפתים, מצרפתים לאמריקאים, ומלאי מת היה מלאי אבוד. זה היה חשוב מאד, דרמטי וקשה לעיכול לאלה שקיבלו החלטות, אבל זו היתה אחת התרומות הראשונות של עיבוד הנתונים במחשב בח״א.

אני רוצה להתחיל בקוריוז כיצד הגעתי לממר״מ. יום אחד קרא לי מפקד חיל האויר ואמר: ״תראה, החבר׳ה האלה קנו מחשב, אני לא כל כך יודע מה לעשות עם זה, אבל לך ותעזוב את הענף, תלך לשם ותוריד אותם מהגב שלי״. זה היה כתב המינוי שלי לממר״מ.

אני חושב שחילות הוכיחו גדולה רבה מאד בקליטת המחשב. לא בהצהרות, כי לא ידעו מאיפה באה להם המכה הזאת, אלא באופן מעשי. נתנו הרבה גיבוי למחשב, ושוב, אני מרגיש, לא בדיבורים. הייתי ממיין, ואני כמובן לא אובייקטיבי, אבל לדעתי התרומה הסגולית של אכ״א היתה פחות דרמטית, לא מפני שהיא היתה קטנה, אלא מפני שאכ״א היה כבר מתורגל. בממ״ס עבדו כבר במיכון, אמנם פרימיטיבי יותר, אבל היה להם נסיון בעיבוד ממוכן. באג״א הנושא היה חדש, התחילו בדרך יותר קונסטרוקטיבית, למשל, לא החליטו על דברים מסוכנים כמו ניפוק אוטומטי, אלא אנשים המשיכו להגיש הזמנות, והיה מי שהחליט ונתן את הציוד. המחשב היה בעיקרו כלי איסוף נתונים ודיווח.

ח״א הלך בתפישה נועזת שגרמה להרבה כאבים, אבל בדיעבד התוצאה היתה טובה. על כל פנים, הסיכון היה גדול. אני מציין זאת, כדי לומר שהחילות בכלל וח״א במיוחד, נתנו למחשב גיבוי עצום, צריך להעריך זאת בהתחשב בעובדה שאיש בח״א לא ידע מה זה. יש לזכור שאכ״א ואג״א בסופו של דבר היו חילות לוגיסטיים, שזה היה נושא עיסוקם, כוח אדם, טיפול בכוח אדם, טיפול בציוד. ח״א לא היה חייל לוגיסטי כלל. כאן הנושא לא היה מבצעי, אלא נושא שולי. ולכן, למרות שלא העריכו כל כך את הנושא, כי הוא לא היה בתחום המבצעי של הנושאים בהם עסקו, הרי העדיפות היתה להחזיק את המטוס, בכל זאת הגיבוי היה עצום. התעוזה של ח״א בנושא היתה רבה מאד.

תמיכה זו התבטאה באופן מעשי בכך שהיקצו קצינים מצויינים לטפל בנושא, נתנו טירונים מוכשרים, ונתנו לבחור במידה רבה את אלה עם IQ גבוה. אחרי מיון קיבלנו לממר״מ אנשים טובים מאד, שהיום חלק מהם לפחות מדענים מצטיינים כמו חדר, מאנה זוהר, ציגלר, דני עמית, ועוד רבים אחרים. דן עמית היה אצלי זמן רב. (הוא הסתכסך כנראה ביחידת אמ״ן. אני קלטתי את כל ה״פרועים״ האלה, אבל הם תרמו תרומה רבה). והמקור האחרון היה העתודה האקדמאית. שלושה מקורות אלה של כוח אדם תרמו תרומה רבה מאד.

ח״א עשה משהו נוסף – הוא מסר את התחום החיוני של אספקת חלפים וכוננות מטוסים למין יצור מוזר, נפרד מהחיל, שאיש לא הכיר ולא ידע איך להתמודד עמו, והמשבר היה חמור. משך ארבעה שבועות אף חלק לא סופק לבסיסי חיל האויר, מפני שהתוכנה לא היתה מוכנה.

בשתים בבוקר הייתי מביא לאריאלה סנדביצ׳ים וקפה ומחזיק אותה, כדי שתריץ את התוכנה ותעשה את ההסבה, וח״א באותו זמן קילל והחזיק איכשהו מעמד.

קיבלתי אולטימטום של שבועיים, ״אם עוד שבועיים התכנית לא תרוץ, אנחנו חוזרים לשיטה הקודמת, ולעזאזל עם המחשב״. אבל זה איך שהוא רץ, ועברנו את המכשול הזה.

בין השאלות שצצו: מה זה נתן בסופו של דבר לחיל, החלפים הרי הגיעו לבסיסים גם קודם? קודם כל ״נקיון״. ההסבה הגדולה של הנתונים, נתונים שהצטברו הרבה שנים, מ־1948 עד 1959 בח״א, לא היו זהים למה שנמצא על המדפים. איש לא ידע מה המלאי. בעזרת המחשב ניתן לבדוק, להשוות ולתקן את המצאי. כך ניסו קודם כל את הנתונים, ואחרי כן חיל האויר ידע מה יש לו. במדויק. הבסיסים שיתפו פעולה. כל זה נעשה זמן מה אחרי כן, כשהמחשב כבר עבד, ואז חיל האויר עבר זעזוע שני, בכך שהשליטה בנושא ניטלה מקצינים ותיקים, מנוסים, בעלי

דרגות בכירות, והועברה לטכנאים של ממר"מ או של היחידה והם שקיבלו את ההחלטות איזה ציוד לספק, מתי לספק אותו והיכן. פתאום כל הענפים שקיבלו קודם את ההחלטות הגדולות, מה לתת, כמה ואיך, ניטל מהם הטיפול. כל הפעילות הזאת עברה ממטה ח"א למחשב, והמחשב, פעמיים בש־בוע אז, הריץ את כל המלאי. אלו היו נתונים אוביקטיביים שאיש לא החליט עליהם, רק המחשב "החליט", בהתאם לצריכה, כמה צריך לספק לכל בסיס. המחשב בעצם קיבל את ההחלטה. זה היה זעזוע לאנשים בח"א, שכל גדולתם היתה בכושר ההחלטות שלהם, ובתבונה הרבה שהשקיעו בזה. פתאום עבו־דתם נעשתה מיותרת במידה רבה, ואיזה גוף עם טרנזיסטורים התחיל מקבל את כל ההחלטות. על רקע זה צריך להבין עד כמה ח"א קיבל את זה, תמך, עודד וגם היום נהנה.



יחיאל אלון ועמיתים מצבא ארה"ב

אני נהנה לבוא היום ליחידת חיל האויר, המקיימת מסורת של קשרים הדוקים עם אלו שהיו בעבר מפקדים, ולפחות פעמיים בשנה נפגשים באירועים בחיל. הראשונים זוכים להכרה מהחיל, מאחר שהשיטות שהונהגו והיסודות שהונחו אז, קיימים גם היום. ח"א מכיר מאד בערך הנושא ויש בו הערכה רבה ליחידת המחשב.

מיכה חנני
פרט לנשא האפסנאות, מה היה המצב?

יחיאל אלון
היו נסיונות ראשונים, שצריך היה לעשות אותם כמעט במחתרת, מפני שאם עוד נסבל שהמחשב יעסוק בלוגיסטיקה, בוודאי שלא נסבל שיתעסק בנתיבי יירוט ועוד דברים כאלה. את הפעילות הזאת ניהל בעיקר ורדי אמדורסקי. את זה עשינו בשקט, כעיסוק נוסף, מבלי לדבר על כך. היום, כמובן, הנשא המבצעי עדיף וגדול וכבד יותר מהנשאים הלוגיסטיים. וגם בכך אנו שונים מאכ"א ומא־ג"א. בכלל, כל הנשאים השתנו, המשקל היה

אז על המערך הלוגיסטי, היום המערך הלוגיסטי מהווה חלק קטן בכל נשא המיח־שוב. המערך המבצעי הוא העיקר, על גווניו השונים, ויש יישומים בתחומים רבים.
אין ספק שחיל האויר יצא נשכר מהמחשב, אולי לא מיד בהתחלה אבל במשך הזמן, יותר מהחילות האחרים, בעיקר בתחום המבצעי. אבל ההתחלות הצנעות נעשו אז: מלוגיסטיקה למלאי, דרך אחזקה, לשמישות וכוננות מטוסים ומכוננות מטוסים למבצעים. על נושאים אלה איני יכול לדבר, ואת רובם איני מכיר עוד.

מאיר
ברצוני להפנות שאלה ליחיאל: שמעתי שבי־מים ההם הלכו לעזור ויצמן, שאלו אותו מה הוא רוצה מהמחשב, והתשובה היתה: הייתי רוצה דף נייר אחד שיגיד לי כל בוקר מה מצב הכוננות למלחמה של החיל באותו יום. האם זה סיפור אמת?

יחיאל אלון
אמת. אני שאלתי את השאלה, וזאת התשו־בה שקיבלתי. כמה אוירונים שמישים יש, כמה שעות טיסה במצב הכן, כמה מטוסים נמצאים בביקורת וכמה חלפים יש, לא עניין את עזר – הוא רצה לדעת את הנטו, כמה שעות טיסה בכל מטוס, כלומר, כמה גיחות הוא יכול לשלוח היום, מחר, מחרתיים. זה נקרא דו"ח נטיס. היה דו"ח כזה, אבל לא טוב, הוא פיגר, הוא דרש מאות טלפונים כל בוקר לבסיסים. כמובן שאם אז היה קושי לבצע זאת היום זה היה בכלל בלתי אפשרי. אבל זה היה בתקופה קצת יותר מאוחרת.

מאיר
לדעתי זו אחת התשובות לשאלה מה תרם המחשב לצה"ל. מעולם לא שמעתי, מאף אחד אחר, הגדרת תפקיד כמו ההגדרה הזאת של עזר.
ב־1956 הלכתי יחד עם יובל נאמן לראות פיזית מחשב בפעם הראשונה. יובל חזר, ואמר שהיה רוצה מהמחשב, בשביל אמ"ן, את מה שאנחנו קוראים היום "איחזור נתונים". היה לו חזון. פשוט מאוד. אחד הדברים שהמחשב תרם לאנשים, היה היכו־לת לפתח את החזון שלהם.

ברצוני להתיחס לועדת ממ"ס, כפי שנקראה, לבדיקת נשא המחשב. זו היתה קבוצה מג־וונת מאד של אנשים שהרמטכ"ל רב־אלוף לסקוב מינה כדי לבדוק את השאלה של מחשב עבור צה"ל. מחשב עבור צה"ל, להב־דיל ממחשבים ספציפיים לגופים ספציפיים. בועדה זו עסקנו במשך חצי שנה עד שנה במלחמות יהודים. היום זה מצלצל קצת מוזר, אבל זה עונה על השאלה ששאלתם, מה אילו ממר"מ לא היה? אכ"א ואג"א רצו מחשב יבמ 650, כל אחד אצלו, מחשב מבו־סס על כרטיסים מנוקבים, הרבה לפני ה־1401. זאת היתה ההמלצה הפסקנית של יבמ עבור צה"ל. יבמ החליטה מראש במטה שלה מה ישראל צריכה. אפשר להזכיר גם מלח־מות יהודים עם גופים מחוץ לצה"ל, שאני הייתי שותף להן כבר מ־1951, בתקופת המי־כון הקונבנציונלי.

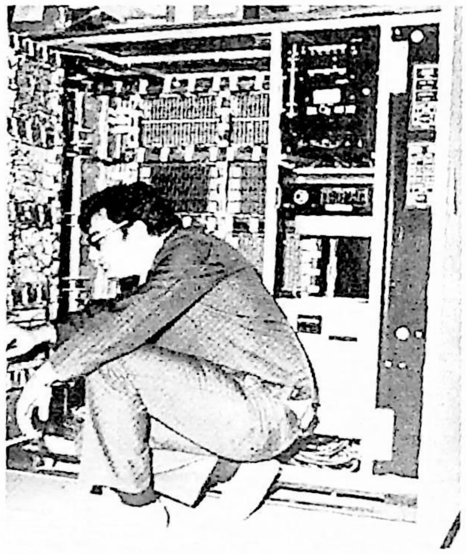
מרדכי קיקיון
מחשב יבמ 650 היה בבסיסים של חיל האוויר האמריקאי.

מאיר
ב־1951 כאשר המרכז למיכון משרדי הביא מכונת קונבנציונליות לבחירות השניות, על החיילים היה לעבוד כל הלילה כדי להפעיל את המכשירים האלה. באותו רגע התחילו מלחמות היהודים, מאחורי הקלעים בועדת ממ"ס ותיכף אח"כ כאשר קיקיון הזמין את המחשב. היתה החלטה של משרד ראש הממשלה שהוא יוביל בעניני מחשבים, והם עשו כל דבר אפשרי כדי למנוע מאתנו התקדמות.

אחר כך, כעבור כמה שנים, התחילה המלח־מה הגלויה בין משרד ראש הממשלה ובין הביטוח הלאומי, ואחר כך בינם ובין האוצר, והתשובה היחידה היתה שהם צריכים לקנות מחשבים מחברות שונות, כדי שאי אפשר יהיה להגיע להידברות ביניהם. לדעתי, אילו לא הקימו את ממר"מ, היינו מגיעים למצב דומה.
אני עזבתי את צה"ל ב־1967. הגעתי לתעשיה האוירית והתחלתי לראות את העולם, ולמע־שה ראיתי בכל מקום אחר פרט לצה"ל, רק התחלה, וכוח האדם היחיד שאפשר היה להשיג, היה בוגרי ממר"מ. הקורס של ממר"מ ואח"כ ב־1967 הקורסים של בני ראב מהמכון לפריון העבודה, היו הקורסים שהעמידו את הדור המקצועי של היום. בלי ממר"מ הדבר הזה לא היה קיים. אכ"א ואג"א רצו את ה־650 כל אחד לעצמו, ח"א נלחם בכל הכוח. רק אז החלו לעסוק בחיל במכונות נשיונל עם סרטי נייר מחוררים. התחילו למכן את ספירת המלאי, ודרשו שלא להפריע לפעולה החשובה הזאת.

ועדת פיתוח ממ"ס, בראשות רחבעם זאבי, פעלה משך רוב שנת 1958. ביקורים שונים בארץ חשפו בפנינו מיגוון רחב של שימושי מיכון, בצבא, בממשלה ובתעשיה, שעזרו לנו לצפות את הנולד, אם כי בערפול רב. בין היתר התקיים סימפוזיון של שלושה ימים, בו ניסו נציגי חברת Univac למכור לנו מחשב משומש. ואנחנו התענינו דוקא במודל החדיש. היה זה אותו צוות מומחים שעזבו אח"כ את Univac ובנו את הפילקו. הם שכנעו את חברתם החדשה להציע לנו את המחשב באותה הנחה שהציעה בזמנה Univac.

ברצוני לתקן את הרושם על חשיבותן של המכונות הקונבנציונליות. הן היו הרבה יותר איטיות מהמחשב וחייבו סירבול רב של פעולות ידניות במעבר כרטיסיות ממכונה למכונה, אבל אפשר היה לבצע בעזרתן כמעט כל פעולת מחשב. ממ"ס היתה האם של ממר"מ ומפקדה, יצחק רונן, פעל רבות בווע-



אחזקה עצמית

דה לשכנע את החברים בנחיצות המחשב.

ההחלטה שהתקבלה היתה לקנות מחשב גדול לכל צה"ל, שיהיה מיועד לאותם גופים שכבר עובדים עם מחשב, אבל אף אחד לא יחוייב לעבוד במחשב. לכל גוף תהיה רשות לעבוד בממר"מ. הוחלט שמאותה עת לא קונים עוד מכונה קונבנציונלית. זה היה השוט היחיד.

אלה היו עיקרי הדברים. לולא ההחלטה האכזרית הזאת, היינו מתחילים כעבור שנים, כל גוף בצה"ל, לפתח גוף מקצועי, שהיה צריך לנהל את המחשב הקטן שלו, ללמוד אותו, להדריך ולבצע כל אותן פעולות שהיום מוטלות על האנשים שקונים בשביל העסקים שלהם מחשב אישי, ואח"כ מגלים שיש להם חתיכת ציוד יפה, והם לא יודעים מה לעשות איתו. זה מה שהיה קורה, לולא הוקם ממר"מ.

אסיים את הפרק בסיפור שקלמן אלקד סיפר לפני מלחמת ששת הימים. הוא חזר מאלדרשוט באנגליה, שם הזמינו אותו לארוחת צהרים, אחרי שראה את המערך הלוגיסטי שלהם. ופתאום בקשו ממנו להגיד כמה מילים בארוחת הצהרים, עשר דקות הרצאה. קלמן, באנגלית הרצוצה שלו, סיפר להם על המערך הלוגיסטי שאח"כ הפעלנו במלחמת ששת הימים. בעודו מדבר, ראה כיצד האנגלים מסתכלים זה בזה תוך לגלוג על הסיפורים שהלבנטיני הזה מספר להם.

ברצוני לספר משהו נוסף. פעם קיקיון בא אלי ואמר שהוא רוצה להכפיל את הזכרון, הוא רק רוצה את החתימה שלי, זה הכל. אמרתי שכונן סרטים נוסף הרבה יותר זול, ויתן לנו את כל היתרון שאנחנו מחפשים. לא חתמתי. קיקיון הביא את הזכרון, וכעבור חודש הכפיל את הייצור שלנו. אנחנו קיבלנו שעה עם אופציה לשעתיים. זה מה שביקשנו בהתחלה. כעבור שש שנים עדיין עבדנו באותה מסגרת. בחישוב פנימי, היינו ברמת יעילות פי עשרים מאשר היעילות ההתחלתית.

מרדכי קיקיון

הזכרון הנוסף תרם?

מאיר

תרם, ונוסף על כך גם האנשים תרמו מאד. אבל בסופו של דבר כאשר הועדה היתה צריכה להחליט מה דרוש לדור הבא, היינו משתמשים כל כך קטנים, שלא הזמינו אותנו אפילו לישיבות הוועדה. הזמינו אותנו לישיבה הסופית, כשהחליטו להזמין את המחשבים של מערכת יבמ.

קיקיון שואל, "מה תרם ממר"מ לצה"ל?" הקבוצה בה עבדתי עברה לעיבוד נתונים ממוכן בזמן המכונות הקונבנציונליות ומצאה את עצמה נלחמת תמיד בשעון. הקבוצה עברה שתי הסבות בזמן קצר, קודם לוויצאק ואחר כך למחשב המשוכלל של ממר"מ. במכונות הקונבנציונליות פשוט עמדו אנשים והזינו כרטיסים 24 שעות ביממה. לעומת זאת השיטה בוויצאק היתה לנסוע פעמיים בשבוע מתל-אביב לרחובות בשעה שלוש בבוקר, בג'יפ, בקיץ ובחורף, כדי לעבוד שלוש שעות במחשב, מחמש עד שמונה. השעות הוקצו לפי הכלל שהמהנדסים מקבלים את המחשב בשעה שמונה לטיפול יומי. עם כל קלקול בלילה, שבת המחשב. למרות תנאים אלו, היתה שיטת המחשב כה עדיפה שהחזרנו את הציוד הקודם ל-יבמ כעבור חודשיים, במקום השנה שנקבעה לחפיפה בתכנון.

הקפיצה מהוויצאק לממר"מ היתה לא פחות דרמטית. פתרנו את בעית הזמן. חדר עבודה בבנין המחשב, קבלת זמן יומי קבוע והאפשרות לקבל שעות נוספות בלי ויכוח, שינו מקצה לקצה את רמת העבודה. ממר"מ הכשיר את התוכניתנים, דאג לתקינת המחשב והוסיף ציוד חדש מדי שנה. אין לתאר מה היתה החשיבות בימים ההם של עבודה במחשב שטופל על ידי גוף אחד. מדי חודש צצו חידושים חשובים. מי זוכר היום זכרון מהיר של 16 מילים, דרכו כדאי להעביר כל קטע תיכנות חשוב, או סרט צילום במקום סרט מגנטי? למזלנו לא הגיעו שכלולים אלו ארצה, אבל בדקנו אותם בכובד ראש. הפילקו היה גדול, מהיר, משופע בפקודות חזקות ומלווה בשפת אסמבלר ובמערכת הפעלה. התחלנו לשמור את הנתונים על סרט מגנטי במקום על קטעי סרט נייר מחוברים יחד בדבק.

נוצרו התנאים לכתיבת מערכות חדשות. דקויות התיכנות ענינו אותנו מאוד, והשיפור המתמיד בניצול תוכנת המחשב איפשר לנו להגיע ליחס יעילות של פי עשרים מזה שציינתי קודם. פעם נקראנו לעזור לחוליה אחרת שגילתה שהתכנית לקריאת סרט נייר סותמת את המחשב, לכן ציינתי בציניות איך הפכנו למשתמשים "קטנים" בזכות היעול. עבורנו תקופת ממר"מ היתה תקופה נהדרת.

מרדכי קיקיון

ההתפתחות של ממר"מ היתה מהירה מאד יחסית, בכל המובנים: מחצי שולחן בחדרו של מנהל רפא"ל, שהיה סמוך לחדרו של בן גוריון, לשולחן שלם ברחוב הראשי בקריה ומשם לקרית מאיר כאשר כל יחידה – אכ"א, אג"א, וח"א – קיבלה את החדרים הדרושים לה. משם עברנו לבנין הקבע של ממר"מ.

ההתפתחות בהזדקקות למחשבים גם היא גדלה במהירות. למחשב פילקו 211 הוספנו מחשב פילקו 212 שהיה פאר היצירה באותם הימים. בהמשך הוספנו 3 פילקו 1000. נוכחנו שכפי שנאמר "עם האוכל בא התיאבון". ככל שהצלחנו לספק מידע באו דרישות חדשות במהירות רבה שחייבה אותנו להגדיל את עוצמת המחשב יותר ויותר.

אמרנו כבר שהאנשים הבכירים, ראשי החוליות, באו מאגפי המטכ"ל, כאשר מעמדם באגפים מהם באו היה איתן. הם היו מקובלים שם, הם ידעו אל מי לפנות בבירור, הם הבינו את הנדרש מהם, הם יכלו לייעץ לראשי הענפים בתכנון דרישותיהם. הם היו מה שאנחנו קוראים היום Problem Oriented.

קורסי ממר"מ, שהחלו לפני בוא המחשב ונמשכים גם היום, סיפקו את כח האדם המקצועי בנושא המחשב.

הרכב זה של כח האדם והמפגש בין אנשי השדה לאנשי המקצוע במחשב נתן את פירותיו. ואז התעוררה השאלה, כפיפות ראשי החוליות למי? האם לאגפים שמהם באו או לראש ממר"מ. הויכוחים היו רבים וכבדים, הן בממר"מ והן באג"מ/מת"מ. לבסוף קיבלו את דעתי, שכפיפות של ראשי החוליות והחוליות עצמם תהיה ישירות לאגפי מטכ"ל. החלטה זו קבעה אז, וכך גם היום, את יעודי ממר"מ:

– להיות הגורם המקצועי בנושא המיחשוב.
– להדריך אנשים במקצועות המיחשוב.
– לקבוע סטנדרטים בציוד ובתוכנה.
– לעזור לגורמים שאין להם הידע והכלים הדרושים לפיתוח הנשאים הדרושים.
– לקבוע את תורת המיחשוב בצה"ל.

ממר"מ עמד ביעדים שנקבעו לו, היום נוספו לו בוודאי יעדים אבל עד כמה שידוע לי היעדים ביסודם נשארו כמו שהם, עם תוספות שהזמן וההתפתחות הטכנולוגית גרמו להן.

מיכה חנני

בהמשך לדברים הקודמים, אני לא יודע אם

אפשר להשוות גדלים, אבל ללא ספק מענ"א היום זו אחת היחידות המאד גדולות בתחום הזה. בממכ"א עובדים אנשים טובים מאד, מפני שזה "קרוב לצלחת" בתחום האנושי. ממכ"א זכתה במספר רב של פרסים.

מרדכי קיקיון
זה נכון. אבל ממכ"א כשהיא צריכה שעת מחשב, יש לה בעיה.

שלמה רון
למעשה הייתי בתפקיד של ראש ענף פוטנציאל, כשהוצע לי להיות אחראי על המחשב מטעם אג"א. ביום שישי אחד נקראתי ע"י ראש מחלקת ארגון. הייתי חולה. באתי והוא הציע לי להיות אחראי על נושא המחשב של אג"א. אני על נושא מחשב ידעתי כל כך הרבה, כמו על כוכבים. הדבר היחיד שידעתי, שיש משהו שנקרא מוח אלקטרוני. ביום שבת באתי לאליעזר ארז ושאלתיו מה זה? וביום ראשון התיצבתי לקורס שניהל הארב ג'ייקובסון. אני יודע אנגלית והוא מדבר אמריקאית. הוא מדבר בטרמינולוגיה של מחשב ואני בכלל לא מתמצא בדברים האלה. אני אמנם מדבר אנגלית, אבל אני לא מבין אותו. ישבתי בקורס, ניסיתי לתפוש את הענין, יום אחד ישב על ידי חיים קדים, והיה צורך לפתור תרגיל. בשעה 10 הוא פתר את התרגיל, ואני רק ב־12. זה "אכל" אותי, איך הוא פתר כל כך מהר ולי לקח שעות?
אחרי יומיים התברר לי דבר פשוט מאד. הוא ישב בלילה הקודם ופתר את התרגיל, וכשהוא בא למחרת, הוא רק העתיק אותו. למרות מה שלמדתי, נגמר הקורס, הלכתי לראש אג"א להתראיין, וההנחיה שקיבלתי ממנו היתה "אני רוצה שתתכנן לי את מערך האפסנאות כך שאוכל לקבל את מירב האינפורמציה אבל שהאחרים לא יקבלו אותה".
קיבלתי את ההנחיה ואני צריך להתחיל לתכנן. איך מתכננים כשאני לא איש רישום? לא ניהלתי רישום מלאי אף פעם. אני בא מתחום התובלה. הייתי קצין אפסנאות בחטיבות אבל אף פעם לא התעסקתי ברישום ולא עשיתי השוואה של תקן למצבה. עשיתי השתלמות עצמית והחלטתי לבצע רישום אחיד לכל חמשת החילות. בעזרת האנשים שעבדו איתי, שאני הייתי המומחה שלהם, מצאתי את הפטנטים איך מגדירים את הפריטים בצורה אחידה. לזכותי ייאמר שטוב שלא ידעתי דבר, אילו ידעתי, הייתי הולך בדרך שבה נאמרו הדברים קודם.

קרל
אפסיק אותך לרגע: זכור לי כשבאת אלי והראית לי קטלוג של הצבא האמריקאי ובו פריט שנקרא "chamber post admiral, for the use of". השתמשתי רבות בדוגמה זאת כדי להסביר אפשרויות וקשיים בעריכת מילונים וקטלוגים.

שלמה רון
הדבר הראשון שהתחלתי לתכנן היה רישום וחישוב תקנים. לקחתי את כל התקנים, ונתתי להם צורה אחידה, כדי לרשום אותם במחשב. אני זוכר כמו היום, באתי באחד הימים למרדכי קיקיון ואמרתי לו: שמע, אני מתקדם טוב, אבל אין לי זמן מחשב, אולי נעשה פעולה מיוחדת, תתן לי שבת שלמה, אנחנו נעבוד, ונוכל לעשות מספר סבבים בתיקון התכניות. וככה היה. באתי ביום שבת עם כל החברה, התישבנו משמונה בבוקר עד שמונה בערב, לא הצלחנו לעשות הרבה. למרות זאת אנו היינו הראשונים, הוצאנו את הדו"ח הראשון, היה זה תקן של כל יחידות צה"ל, מושלם. העבודה השניה היתה השוואת תקן למצבה.


קיקיון מסביר את נפלאות הרצפה הצפה ללוי אשכול ומנכ"ל משרדו, שמעון פרס

נושא של ניהול המלאי ביחידות היה בממ"ס, אבל ממ"ס היה שייך לאכ"א, וכתוצאה מכך העיבוד של נתוני אפסנאות היחידות היה בפיגור של שנה שלמה. היות ובין כה וכה עמדו לעבור מממ"ס לממר"מ – הפיגור גדל. בתכנית מיוחדת העלינו את המצאי שהיה רשום בממ"ס עם הפיגור, והוצאתי השוואה תקן למצבה. אני זוכר כמו היום, באתי למשה גורן, שהיה ראש אג"א, הוא פתח את הדוח ודבר ראשון הוא חיפש חגור. הביט בחגור ראה מה שראה, הרים את שפופרת הטלפון לקצין אספקה ראשי, ואמר לו: "עמנואל, נתתי לך 375 אלף לירות בשביל חגור, תעצור את הדבר, אני רוצה לשבת אתך מחדש."
בו בזמן ביקשתי שהחילות יבטלו את הרישום שלהם. ואכן החילות ביטלו את הרישום, פרט לקצין אספקה ראשי, זה היה בניגוד לח"א שהשאיר רישום כפול, אבל גם על קצין אספקה ראשי התגברנו. באחד הימים הוא בא ואמר לי: הנתונים אינם תואמים בין הרישום בבסיס לעומת המחשב. ערכנו השוואה בין הרישומים, למעלה מ־90% היו נכונים במחשב. כתוצאה מכך בוטל הרישום ע"י מכונת רישום בבסיס. בעיה נוספת היתה בכך שהנתונים שהעבירו ליחידות לא היו נכונים, כתוצאה מהפיגור של למעלה משנה ברישום בממ"ס. מנהל מחלקת ארגון אמר לי שאי אפשר לעבוד כך, צריך לבטל את כל הרישום. חזרתי בחזרה לממר"מ וחרשתי את האדמה, ורק חשבתי איך מתגברים על הבעיה.
יום אחד נכנסתי לראש אג"א, ואמרתי לו: הנתונים ביחידות לא נכונים, אבל יש דרך אחת להתגבר עליהם. תן הוראה שהנתונים נכונים, החל בעוד ששה שבועות. מי שיש לו טענות, שיבוא למרב"ד ושיתקן. התשובה היתה: "אני מקבל. מה אתה צריך בשביל זה?" אמרתי שצריך לתת למרב"ד אנשים, כדי שיוכלו לקלוט את ההשגות שיש ליחידות. תוך ששה שבועות היו נתוני המחשב נכונים.
ברשותנו היתה חוברת כחולה של תכנון רישום חיל הקשר האמריקאי. תמיד התפעלנו מהחוברת הזאת, הסתכלנו עליה ביראת כבוד. היו שם הרבה גלגלים, אבל לקרוא בה היה קשה, כי לא היכרתי את הטרמינולוגיה. ידעתי שכשאהיה בארה"ב אלך לראות זאת, וכך היה. ב־1963 נסעתי לארה"ב וביקשתי מהנספח הצבאי שיתאם לי ביקור בחיל הקשר האמריקאי. הגעתי לטרקני, הבסיס שבו הפיקו את החוברת, והופתעתי ממה שגיליתי: את העדכון שאנחנו עשינו בחמישה מהלכים הם עושים ב־23 מהלכים. הם היו אנשים שהגיעו למחשב מהממ"ס שלהם ולא שינו את שיטת העבודה. כשיצאתי משם ידעתי בבירור שאנחנו הרבה יותר מתקדמים מהם בנושא. כשחזרתי חזרה היה לי כבר אומץ ללכת קדימה. באחד הימים החלטתי שאני יוצר נושא שנקרא ניפוק יזום. מה זה ניפוק יזום? במקום שניפוק אוטומטי נותן לכל מי שחסר, אני מקבל מהחיל הוראה לגבי כל פריט לפי איזה אחוז יושלם מלאי לכל יחידה, למחסני חירום. בצורה כזאת הישגנו בקרה וחלוקה צודקת בין היחידות.
באחד הימים בא אלי קצין רפואה ראשי ואומר: "אני לא מבין, איך אתה יכול באותו רישום לנהל רעל וקונצרטינות של חיל הנדסה. זה לא מתערבב?" הסברתי לו שאת אותו הפיקוח שהוא מנהל על רעל, חיל ההנדסה מנהל על קונצרטינות, וכך זה עובד עד היום.
וסיפור אחרון, באחד הימים נתבקשתי להרצות בפו"מ בנושא המחשב. המדריך באותו צוות היה אחר כך אלוף פיקוד. בגמר ההרצאה נתבקשתי על ידו להישאר והוא אמר לי: "תראה, אני מבין מה זה המחשב, אבל אנחנו צבא שעובד באלתורים. אם יהיה לנו מחשב, הוא יפריע לנו לאלתר, ואנחנו לא נתגבר על הבעיות. מה אתה אומר?" הסברתי לו שהוא לא יכול לבצע אלתורים באספקה מבלי לדעת את הנתונים. זו דוגמה קלסית, איך הביטו על המחשב בתקופה ההיא.

מיכה חנני
הנושא הזה מעניין אותי באופן אישי. נראה לי שהחכמה הגדולה היא לדעת באיזה רמה להפעיל את האלתורים. אם אנחנו היינו צריכים היום להפעיל את אותם אלתורים

שהפעילו לפני שלושים שנה, היינו במצוקה. את האלתורים שלפני שלושים שנה, צריך עכשיו להכניס למחשב ולעבוד מסודר, ולע־בור לאלתורים ברמה הרבה יותר גבוהה. אי אפשר לבצע אלתורים בכל הרמות.

מרדכי קיקיון
האלתורים קיימים גם היום, אבל בנושאים שניתן לנהל אותם באלתורים.

מאיר
אבל אלתורים הם בסופו של ענין תוצאה של החלטות, של מערכת קבלת החלטות.

מיכה חנני
זה בדיוק מה שאמרתי, עד איזו נקודה לתת לסדר לשלוט, ומאיזו נקודה לתת לאדם לש־לוט. יש ניגוד.

קרל
שאלתי את עצמי מהו בסיס המידע, באיזו צורה הוא נוצר ומה מידת השימוש שנעשה בו על ידי האדם לתהליך קבלת ההחלטות. שיקולים אלה קבעו במידה רבה את הגישה שלי לפיתוח מערכות ממוחשבות.

מאיר
אני זוכר זוית אחרת, בוועדת ההיגוי, כפי שקוראים לזה היום, תחת סגן הרמטכ"ל. הצי־גו את המערך ואמרו שהיום אנחנו מסוגלים לרשום את הפריטים ולספק דוחות, אבל אנחנו צריכים להחליט מה לרשום. בורג קטן לטנק עולה סנט, אבל בלעדיו הטנק לא יכול לזוז, והרישום עולה דולר בקירוב. חולצה לעומת זאת עולה כסף רב. יצחק רבין סיכם שהחייל הישראלי יכול להילחם גם ערום, לכן אנחנו רושמים את הברגים. בצורה הזאת התקדמו מנושא לנושא.

מרדכי קיקיון
אני רוצה לנסות להעביר לכם את התמונה בה חייתי. יחידת מחשב בצה"ל היתה דבר שאף אחד לא ידע מה זה. למה צריך אותה? השאלה היתה לא פעם: תגיד לי, אתה חטי־בה, אוגדה? אתה מחלקה? כי אתם אנחנו יודעים לעבוד, והנה בא איזה גוף זר ורוצה להיכנס למערכת הזאת. ואז אנחנו לא יוד־עים כמה כלי רכב לתת לו. כמה אנשים הוא צריך, איזה גודל של מינהלה.

אליעזר ארז
כשישבנו עם קיקיון ועם דוד כהן ועשינו חישוב כמה כוח אדם צריך בממר"מ, היגענו למסקנה שצריך 27 איש. היה לנו אז תקן של ששה. היינו קיקיון, דוד, הפקידה ואני. הלכתי אל ראש מת"מ, מתי פלד, ישבתי איתו על הטבלאות והוא אמר: "בסדר, אתן לך את האנשים, אבל מה הם יעשו כשתגמרו לכתוב את כל התכניות?"

מרדכי קיקיון
יחידת הממר"מ היתה יחידה חריגה וצה"ל לא ידע להתיחס אליה מבחינת תקני כח האדם וכל הנלווה לכך, והנה באתי עם הצעה נוספת, להפוך את ממר"מ ליחידת סמך, כאשר המשמעות לכך היתה שכל משתמש בשירותי ממר"מ חייב לשלם את התמורה. המחיר נקבע ע"י היועץ הכספי של הרמטכ"ל וראש ממר"מ. בצה"ל ראו בזה חריגה מהקיים.

בתקציב מערכת הבטחון הופיע ממר"מ באפס, כאשר כל אגף שריין אצלו סכום מתאים לנושא קבלת שירותים בממר"מ. בצורה זו נוצרה קרן בממר"מ, שקראנו לה קרן פחת, ומהקרן הזו נעשו השקעות דרו־שות בממר"מ.

אגף שגמר את הכספים שהעביר לפקודת ממר"מ הפסיק לקבל שירותים, אלא אם הע־ביר כסף נוסף למטרה זו. בעזרת המערכת היגענו לניצול יעיל של המחשב. היות ומקבל השירותים חייב היה להצדיק את השימוש, הכסף בא ממנו והוא, המשתמש, חייב היה להחליט איזו עדיפות לתת להוצאה זו במע־רכת שלו. השימוש בכספי הקרן לצרכי השקעות, חידוש או הרחבת ממר"מ, נעשה לאחר החלטה של היועץ הכלכלי של הרמ־טכ"ל, ראש אג"מ ואנוכי כממליץ.

היינו יחידה בעייתית מבחינת הארגון הצה"לי, רק ההבנה שקיבלנו מראש אג"מ ומנכ"ל משרד הבטחון איפשרה לנו להתארגן ולתת את השירותים הדרושים לגורמי צה"ל ומש־רד הבטחון.

היו בעיות גם בנושא הציוד. יום אחד הציעו למערכת הבטחון מחשב וג'מטיק, מחשב שבדי, ללא תמורה. התנגדתי לכך והגיעו שאילתות, הכיצד מציעים לכם מחשב בלי תמורה ואתם מסרבים לקבלו?

עבדתי קשה כדי להסביר שיועדנו לתת שי־רות ולא לעסוק בפיתוח תוכנה למחשב נוסף. הדבר חזר על עצמו כאשר מכון ויצמן עסק בפיתוח הגולם. הפעם היה הלחץ גדול מצד מכון ויצמן ומשרד המסחר והתעשיה. הסברתי חזור והסבר שיעודנו הוא לא לפתח תשתית, אנחנו ביח"ר למידע ולא יותר מכך. היינו שונים אפילו בנושא עבודה בשבתות. הרב גורן טען שהדלקת המחשב דומה להד־לקת פרקולטור – עושה קפה – לוחצים על כפתור והקפה מוכן. עמלתי קשות להסביר שמירב התקלות קורות בעת הדלקת המח־שב. התמיכה שקיבלתי מרבין שכנעה את הרב גורן שהדמיון בין פרקולטור למחשב הוא רחוק כמו מזרח ממערב.

סיפור נוסף קשור בצרפת.

דה־גול כעס על האמריקאים שלא רצו למ־כור לו את המחשב CDC 6600. ועוד יותר מכך שג'נרל אלקטריק קנתה את מפעל המחשבים בול־גמה הצרפתי. הוא פחד שת־היה לו תלות גדולה באמריקאים ואז החליט שיחד עם ישראל ניתן לפתח מחשב והתלות שלו באמריקאים תרד.

הוזמנו לצרפת ובאישורו של מנכ"ל משרד הבטחון נפגשנו עם הצרפתים, דנו איתם במשך שבוע והגענו למסקנה שאין לנו ענין. עובדה, גם היום אין עדיין מחשב צרפתי.

ביקרנו פעמים רבות באמריקה, בפנטגון, בחילות האמריקאים, כי הידע היה אצלם. במקרים רבים הם הכתיבו ליצרני הציוד והתוכנה את אשר עליהם לפתח אם הם רוצים כי הקונה האמריקני, ובעיקר משרד ההגנה שהוא הרוכש הגדול, ירכוש מהם ציוד, ולכן עליהם לעמוד בספציפיקציות הנדרשות.

האמריקאים הכריחו אותנו להתקדם ולהגיע לכך שהשפה בינינו תהיה שפה בין מחשבים. לדוגמה: רכישת ההוקים לוותה בסרטים מגנטיים, שהכילו את מפרטי החלקים, מספ־רם הקטלוגי וכו'. מלאי הפריטים שליוו את ההוקים גם הוא היה מלווה בסרטים מגנטיים ואנו קלטנו אותם בהתאם. בכל פניה לאמריקאים בנושא חלקים חויבנו לעשותה דרך סרט מגנטי, כאשר מבנה הסרט והפר־טים בו חייבים להיות זהים למה שנקבע ע"י חיל האויר האמריקאי, וכך לגבי ציוד אחר. למעשה האמריקאים הכתיבו לנו בנושאים משותפים את קצב ההתקדמות, צורת אחז־קת המלאי ודרכי הפנייה אליהם.

בנושא התקשורת הגעתי לאי הבנה מוחלטת עם סגן הרמטכ"ל וכמובן עם אגפי המטכ"ל. טענתם היתה שבארצנו הקטנטונת אין מקום להתקנת תקשורת, דבר שחייב רכישת ציוד, רכישת קווי נל"ן ועוד. טענתם היתה כי באמצעי התחבורה הקיימים בצה"ל ניתן לבצע זרימת מידע שתענה על הצרכים. אמצעי השכנוע שלי במטכ"ל, לא הועילו ואני היסקתי את המסקנת. סגן הרמטכ"ל שנתן בנו אמון לרכישת מחשבים טרנזיסטוריים, שהיו באותו זמן בשלבי פי־תוח, בהשקעה עצומה יחסית, לא עשה זאת במקרה הזה.

מה תרמנו? אני חושב שהיינו מגיעים, שהמ־דינה היתה מגיעה לזה, אבל אנחנו תרמנו דבר אחד, קידמנו את הנושא במספר שנים טובות. חוסר התוכנה חייב את האנשים לכ־תוב תוכנה, ללמוד לכתוב תוכנה ומערכת הפעלה.

מיכה חנני
דרך אגב, בנושא מערכת ההפעלה שהזכרת, כיצד היא נכתבה?

אלכס אורן
ההנחיות היו שלנו. אנחנו דרשנו עם המחשב מערכת הפעלה ומחולל דוחות שנכתב ע"י קומפיוטר סיינס. אבי כהן ישב בלוס־אנג'לס במשרדם כדי לתאם וללמוד את התוכנה.

שלמה רון
אני רוצה להוסיף כמה דברים. באחד הימים, גילינו שהתכניות של בחור אחד לא עובדות, אצל כולם זה עובד ורק אצל ישראל מכפר ויתקין זה לא רץ. מה קרה? ואז התברר דבר פשוט מאד. הבחור היה יעיל מאד והזכרון לא הספיק לו. אז מה הוא עשה? נכנס ל־SYS (מערכת ההפעלה של הפילקו) והתחיל להשתמש בפקודות של SYS, וכששינו את SYS, כל התכניות שלו עפו החוצה.

מרדכי קיקיון
אני חוזר לאמון. קנינו את המחשב הראשון, במקור זה היה Transac 210 ועד שהגיע אלינו הוחלף לפילקו 211. בבוקר בהיר אחד היגענו למסקנה שהמחשב לא עונה על כל הדרי־



בעל מחשב אישי או מסוף

ישראנת בחיוג הוא השירות
המהיר הנוח והזול ביותר עבורך

- ★ אתה יכול לנהל שיחות עם מחשבים בארץ ובעולם.
- ★ מאגרי המידע הגדולים בעולם נפתחים בפניך לקבלת מידע חיוני לניהול עסקך.
- ★ המחשב האישי בביתך או במשרדך מקשר אותך אל יותר מ–30 מדינות.
- ★ הקשר הוא זמין, מיידי ואמין.

מידע נוסף: באגף לשיווק ולשירותי־קהל, רח׳ מונטיפיורי 31 ת״א 61294 טל. 03־208377.

המחלקה ליחסי ציבור/האגף לשיווק ולשירותי קהל

בזק החברה הישראלית לתקשורת בע״מ

לשכת הפרסום הממשלתית

שות. ואז היו שתי הצעות. אחת, להחזיר את ה־211 ולהביא את ה־212. היו דיונים, ושוב, יצחק רבין אמר, קח גם את ה־212, תשאיר את ה־211.
רכשנו מפילקו גם מחשב פילקו 1000, הוא היה ריק. סם זילכא התישב וכתב את מערכת ההפעלה. המציאות הכריחה את האנשים להיכנס למערך הזה. זה לא היה איזה מין קופסה שחורה, כמו שאתה קונה היום, אלא היית חייב לכתוב את חבילת התוכנה, ולא היה עם מי להתיעץ, כי בארץ התקדמנו בהרבה לעומת אחרים.

מאיר
נשמעה כאן נימה שלילית לגבי מכון ויצמן. לכולנו היו בעיות עם פרופ׳ פקריס, אבל לי נשארו זכרונות מאד נעימים ממנו ומהגישה שלו. הוא היה איש שונה מרוב האנשים, התקשה בקשר אישי עם אנשים ונטה לקבלם בסבר פנים חמור.


מרדכי קיקיון, לוי אשכול ויצחק רבין

מיכה חנני
הוא היה אחד משש המתמטיקאים הגדולים בעולם.

מאיר
ממר״מ היה חזון של צה״ל ב־1959. ב־1954 התחיל פרופ׳ פקריס לבנות תעתיק של המחשב של פרינסטון, כאשר בכל אירופה היו שני מחשבים שווי ערך למחשב הזה. הוא הצליח לעשות זאת, וכל אותם האנשים שישבו בוועדה והמליצו להקים את ממר״מ, כל האנשים האלה שכבר היו משתמשים במחשב ועברו לממר״מ, עבדו ביחד. אף אחד לא ידע מה שהשני עושה, אבל היינו רואים אותם בחמש בבוקר במכון ויצמן. וגם מכון ויצמן, לגבי ייזום תעשיה חדשה, עשה את זה לראשונה בארץ בשביל הוויצאק. אני חייב לציין את פרופ׳ פקריס, אפילו לגבי התרגיל שלו, כאשר בא נדבן משבדיה ונתן את המתנה הזאת, הווג׳מטיק. הוא חטף אותו, ואמר, בשביל זה אני צריך אולם. הוא הלך ובנה אולם ענקי בשביל הגולם, אבל את התקציב קיבל מפני שקיבל במתנה את הווג׳מטיק. והווג׳מטיק עמד בפינה, ושיחקו איתו איקס־מיקס־דריקס. עד שבסוף נתנו אותו במתנה לביה״ס הטכני בבאר שבע, כדי שיפרקו אותו וישתמשו במרכיבים. כדי ללמד את האנשים. אבל גם חזון אדמיניסטרטיבי כזה בא ממתמטיקאי.

אלכס אורן
נדמה לי שיש פה קצת סטיה מהיסטוריה. אני מסכים עם מה שקיקיון אמר. אני חושב שהגדולה של ממר״מ זה החינוך, לא דור אחד של תוכניתנים, או אנשי מחשב בכלל, אלא את כל הדורות עד היום.

בארה״ב, אחרי ציוד קונבנציונלי, באו מכונות מדעיות. בשנות החמישים ותחילת השישים, רוב הכוח המיכוני הגדול בארה״ב פנה לעבודה מדעית. עבודת עיבוד נתונים "Commercial Data Processing" כמעט לא היתה קיימת.
אנחנו דילגנו על הצעד הזה, ובזה היינו הרבה קדימה, מפני שפה בעצם היה רק הוויצאק לעבודה מדעית, והוויצאק כפי שזכור לי, אפילו לא היה לו אסמבלר, כתבו על מכונות כתיבה בבינרי. ז.א. כוח חישובי גדול לא היה לו. באמריקה עבדו על 704 ו־709. היה היוניבאק־1. אם אתם זוכרים את הבחירות הראשונות של איזנהאור, הרי בטלויזיה, בעת שידור תוצאות הבחירות, הופיע על המירקע המחשב יבמ יוניבאק. המחשב היה של יבמ אבל קראו לו יוניבאק בטלויזיה. היוניבאק 1 היה מחשב עיבוד נתונים פאר־אקסלנס, עם זכרון מיוחד ועם דיסקים. המחשבים הרגילים היו מחשבים מדעיים עם מילה גדולה, ועבדו, טחנו מספרים. אנחנו דילגנו בעצם על הטחינה הזאת, ולכן אנחנו, בממר״מ, התחלנו עיבוד נתונים, בצורה נכונה, כ־"Information System", לא כהמשך של תהליך "Card-System", ולא כתוצאה מעבודה מדעית כפי שעשו באמריקה. ולכן קפצנו דור והיגענו לעבודות יפות.
אגב, בקוריוז נוסף, להדגיש עד כמה היה הכל בהתחלה. קיקיון ברגע מסוים, בפילדלפיה, נתן לי כמה אלפי דולר, והורה לי לקנות מכשירי כתיבה וציוד משרדי אחר ליחידה. הבאתי את ה״פרידן״, מכונת החישוב השולחנית המיכנית המתקדמת ביותר אז. קניתי גומיות, קניתי מַרקרים, קניתי כרטיסים פלסטיים קשים לשמירת כרטסות. היו שם עשרות פריטים שאף אחד בארץ לא שמע עליהם.

מרדכי קיקיון
בבוקר בהיר אחד, בן־גוריון שמע את המושג מחשב, והוא החליט שהוא רוצה לדעת מה זה. התפנה מכל עיסוקיו, ירד למכון ויצמן, והשאלה שלו היתה, האם המחשב יירש את האדם? היה עלינו להסביר לו שהמחשב הוא גולם. מזה בא השם גולם למחשב שנבנה אז. עמלנו די קשה להסביר לו מה בין האדם למחשב. הוא הקדיש זמן רב לנושא.

קרל
אני שמח על המפגש הזה, ואני קצת מצטער שהתעכבנו הרבה מאד על המחשב ועל ציוד טכני מסוגים שונים, ופחות מדי על המערכות שעליהן עבדנו ושינוי התפיסה שלה גרמנו באגפים שלנו. אם מסתכלים על ממר״מ בראיה אחורה, הרי בשבילי ממר״מ הציג קו מחשבה חדש וכיוון מחשבה אחר עבור בסיס המידע הדרוש לפתרון בעיות וקבלת החלטות. בממר״מ לקחו מחשב גדול והוציאו את המערכות שעבורן פותח מן האקדמיה לצרכי היום־יום. כיחידה צבאית עברו בממר״מ מספר גדול של אנשים, עם תחלופה מהירה יחסית. הידע שנרכש עבור ועל ידי עובדי המחשב, המערכות שעבורן עבד המחשב, ואני שם את הדגש על המערכות ולא על הציוד, הופצו באינטנסיביות רבה וביעילות רבה יותר מאשר בכל גוף אחר. עובדה, המרכז למיכון משרדי נשאר תקוע תקופה ארוכה, כי עובדיו השתייכו לפקידות ממשלתית, עם כל מה שכרוך בזה.
כל ראשי החוליות הדגישו היום שנכנסו לתחום המחשב ללא ידע מוקדם. כולנו נאלצנו ללמוד תוך כדי עשיה, ובלחץ מתמיד. למדנו לא את העבר, אלא את ההווה, ועשינו השלכות לגבי העתיד. ולכן, לא רק שנדרשנו לקלוט את ה־"State of the Art" כי אם גם ליצור אותו. בשטח שלי (אחסון ואיחזור מידע) יצרנו בסיס ידע שעד שנות השבעים המאוחרות היה מבין המובילים בעולם. אני חושב שזה גם נכון לגבי נושאים אחרים שפותחו לראשונה בממר״מ. זאת ההצלחה הגדולה של ממר״מ, שלה תרם כמובן גם המוח היהודי שבא בו לביטוי מלא.

מיכה חנני
בקבוצת האנשים הצעירים שהגיעה לממר״מ היו אנשים ברמת איכות גבוהה מאד. היתה קבוצה גדולה של עתודאים בדרגות קצונה זוטרות. הוותיקים יותר היו אנשים שהגיעו מחילות אחרים, בדרגת רב־סרן או סרן, לא מאותו רקע. הם לא למדו מתמטיקה באוניברסיטה, התקדמו בתחום הצבאי, והגיעו לממר״מ.
במידה מסוימת תחושתנו היתה שהיה חיכוך

מסוים, מפני שדוקא הצעירים התאימו למערכת החדשה הזו, והבוגרים והבכירים בהם עשו דברים שונים.

יחיאל אלון

הקצינים היו בוחנים, הם עסקו בניסוח ובהגדרה של הבעיות המינהליות לתרשימי זרימה כלליים – עד כאן ולא יותר. מה שנוצר פה היה שילוב מעניין, שהצעירים האלה שבאו מצד המחשב והתוכנה, ידעו לקחת את תרשימי הזרימה ולתרגם אותם לשפת המחשב ולתוכנה. הם עסקו בדברים שונים.

קרל

אני חושב שיחיאל הגדיר את זה נכון. יחיאל ואנוכי תרגמנו את הגישה הזאת לשפת מעשה. ב־1965 חיברנו וערכנו את הקורס הראשון בארץ של מנתחי מערכות. הקורס התקיים במלון תדמור. זה היה קורס למשתתפים שלא היו עובדי ממר"מ, רובם פקידים בכירים מאוד במשרדי ממשלה שונים, כגון מנהל אגף התקציבים, מנהל המכס ועוד. גם הקורס הזה, עם כל הישגיו ושגיאותיו, עשה היסטוריה בתחום המיחשוב. ממנו צמחו האישים שהקימו את המערכות הממוחשבות הממלכתיות וממנו גם צמחה האגודה הישראלית לניתוח מערכות. הוכחנו שמי שעוסק במחשב לא חייב דווקא להיות בוגר מתמטיקה אלא עם הגיון סביר ניתן להשתלב בנושא ולשלוט בו.

מרדכי קיקיון

היה דבר אחד שאיפיין. ההרכב הזה של אנשי שדה לעומת אנשים אקדמאים או אקדמאים בדרך. המפגש בין שניהם, כשכל אחד מביא ידע ספציפי שלו, תרם הרבה.

חיים קדים

בנקודה הספציפית שאתה מיכה מעלה, אני חושב שאתה תוכל לאמת את מה שאגיד. יכולת לראות את זה מהקצה השני. אני לא בטוח שהתמונה בחולית אכ"א היתה זהה לתמונה בחוליות אחרות. אבל קודם כל, גם הדרג של הקצינים שבאו מהשטח, לא מהעתודה, רובם היו אנשים צעירים. חלקם היו אקדמאים שהגיעו לאכ"א במסלול אחר (לא ישר מהאוניברסיטה לממר"מ). כשהם הגיעו לממר"מ, המרחק או הנתק בינם לבין האקדמאים שבאו ממסגרת העתודה האקדמאית, עד כמה שאני זוכר, לא היה נתק של ממש. זאב פאר, צבי עתיר, רוממיה, או אפילו צבי ורדי שלא היה אקדמאי, אבל היה אדם צעיר יחסית, עם ראש פתוח, כולם באו לענין עם הרבה התלהבות (אולי העתודאים פחות, אבל דוקא התיכוניסטים והקצינים שבאו מהמסגרת הצבאית באו עם התלהבות רבה לעניין). אני לא זוכר שהיה לנו נתק, ושעל רקע זה היו מתחים גדולים. אולי היו מתחים בתחומים אחרים. נדמה לי שזה לא היה על רקע זה.

מעבר לזה, ברצוני לציין את ההזדמנות והאפשרות שניתנה לאנשים צעירים לפתח יוזמה. כולנו היינו בסה"כ אנשים צעירים (גם הקצינים, גם העתודאים, גם התיכוניסטים), וכולנו לא ידענו בפני מה אנחנו עומדים, ולהרבה אנשים ניתן לפתח יוזמה. במסגרת המשימות שעמדו בפנינו (ואולי ביחידות התוכנה של ממר"מ עוד יותר מאשר בחוליות), פותחו יוזמות. הזוכר קודם הסאונדכס, הזוכר Linear Programming, שאמנם לא היו הדברים המרכזיים שעשינו. ניתנה לאנשים אפשרות לפתח יוזמה, ואני חושב שזה תרם גם למידת ההזדהות הגמורה של אנשים עם מה שעשו. העובדה שאנשים יכלו לפתח יוזמה, היתה אחד הגורמים החשובים להתפתחות המהירה של הידע ורכישת הידע.

אני רוצה לעבור על עוד כמה נקודות. אולי הזמן עושה לנו טריקים מוזרים. אחת, איבדנו שער, וצבעו השתנה. שנית, עבר הרבה זמן מאז. אולי אנחנו לא זוכרים (אני חושב שחלק לא זוכרים, וחלק בכוונה מעדיפים לא להזכיר), אבל בסה"כ אכלנו באותה תקופה גם הרבה מאד חצץ, והיו הרבה מאד מתחים בין האנשים שיושבים פה, לפחות בין חלק מהם, וגם בינינו לבין אנשים מבחוץ.

הרבה שאלות שהועלו פה היו השאלות של "לו". מה היה לו היו הולכים על מחשבים אגפיים במקום מחשב מרכזי? זה ענין של ספקולציות. אני מניח שהעובדה שהלכו על המילה האחרונה של הטכנולוגיה של אותה תקופה, ודאי נתנה דחיפה רצינית מאד לקידום המיחשוב בארץ, ולמילה האחרונה הזו של טכנולוגיה. כנראה אי אפשר היה ללכת על מחשב עצמאי נפרד לכל אגף או חיל. מצד שני, לו היינו הולכים על טכנולוגיה קצת פחות מתקדמת באותה תקופה, ובמחשבים נפרדים, ייתכן שהיינו חוסכים מעצמנו הרבה מהחצץ שהיה בדרך, ויכול להיות שלפתרון הבעיות הספציפיות לטווח קצר שעמדו בפנינו היינו מגיעים מהר יותר מכפי שהיגענו בדרך בה הלכנו.

אם יש נסיון להעריך איזה לקחים אפשר להפיק, הרי אפשר להפיק לקחים ברמות שונות. ספק אם בכלל אפשר להפיק לקח ממרחק כזה של זמן. וספק אם אנחנו (אלה שיושבים כאן ליד השולחן) תהיה לנו הזדמנות אי פעם ליישם את הלקחים האלה, כי אנחנו היינו אז בסיטואציה מאד חד־פעמית ומאד מיוחדת. היינו עדים להכנסת מכשיר חדש, טכנולוגיה חדשה, בתחום חדש לגמרי בארץ, ואני לא חושב, שלמי מאתנו עוד תהיה הזדמנות לעמוד בצומת כזה, או בנקודת מפנה כזאת, במיוחד בהתחשב בזמן שחלף, כלומר בגיל שהתקדם. אבל אם יש לקחים, שהם עדיין רלבנטיים, אז נדמה לי שרק ברמה הכללית ביותר. כי באמת היום הפרטים לא כל כך חשובים. אני אפילו לא זוכר מה עבד כבר ומה עוד לא עבד כשעזבתי את היחידה ב־1965. אני עזבתי את היחידה עם הרבה תיסכול. בשאלה ששאלתם פה: איך היה הקשר עם האנשים שעבורם היה צריך לעשות את העבודה? לפחות באכ"א, בצמרת, הציפיות היו עצומות. אחד הדברים שקורים לעיתים קרובות בהכנסת מחשב הוא דבר הפוך. יש מישהו למעלה בצמרת שרוצה את המחשב, והוא לא יודע בדיוק בשביל מה. הוא מכניס את המחשב, וכל השורה השניה לא רוצה אותו, יש מלחמות. המצב שלנו לא היה כזה. המצב שלנו באכ"א היה, שרצו את המחשב, היו ציפיות והקושי שלנו היה לעמוד בהן (לא שלא היו מלחמות יהודים, אך לא בשל התנגדות למחשב).

בעניין זה היינו נתונים ללחץ מתמיד, ולא־תמיד עמדנו בציפיות. לי לפחות היתה הרגשה שבעצם אנחנו מאכזבים, והיינו צריכים לעשות יותר, לעשות יותר מהר, לעשות יותר טוב. אני גם לא בטוח שאת מעט הנסיון ומעט הידע מן המוכן שהועמד לרשותנו – ניצלנו כראוי.

הזכירו פה את ממ"ס. הנקודה שהדגישו פה, שטוב שנכנסו לממר"מ בלי ממ"ס, ושלא אנשי ממ"ס ניהלו את הענין. אני חושב שזה נכון. אבל עדיין אני חושב שלפחות באופן תאורטי, אפשר היה לנצל יותר את הנסיון המצטבר של אנשי ממ"ס, לו היו מסתכלים עליו בדרך הנכונה. לדוגמה, את כל הרצף של בדיקת קליטה, והבדיקות במעבר משלב עיבוד למשנהו, ומה יכול לקרות במעבר משלב לשלב – נושאים שהם אכלו יום־יום, אצלם זה היה 90% מהעבודה שלהם. יכול להיות שאצלנו זה צריך להיות רק 30%, אבל למדנו בדרך הקשה שצריך לטפל בשלושים אחוז אלה. בעזרת הנסיון של אנשי ממ"ס יכולנו לחסוך לנו הרבה צרות בתחום זה.

אני חושב שהדבר החשוב שהישגנו, ושממר"מ תרם בו, הוא שבמועד מוקדם מאד בכניסת הטכנולוגיה הזו בעולם, נכנסנו לשטח, ופיתחנו וצברנו והפצנו ידע. זאת בזכות האנשים הצעירים שנכנסו לנשא, אנשים צעירים רבים, ובזכות האפשרות שנתנו לאנשים אלה לפתח יוזמה. זה הנכס הגדול או התרומה הגדולה של ממר"מ בשטח הזה לשנים רבות. היום זה כבר פחות מורגש. היום מלמדים את הנשא גם באוניברסיטה. אז לא לימדו את זה באוניברסיטה. ממר"מ היה המקור היחיד של ידע ונסיון בארץ.

יחיאל אלון

עסקנו במיחשוב בלי שראינו אי פעם מחשב ותוך בורות על יכולות ועל התפתחויות. קיקיון לא היה בארץ ואני מילאתי את מקומו, משום מה, יחד עם קשתי בישיבה במכון ויצמן. גרץ בא ורצה לקנות מחשב יבם 1401. תפקידי היה, יחד עם קשתי, כשאני הסיוע הטכני שלו, להתנגד בכל תוקף, ולומר לו שממר"מ יפתור את כל הבעיה של מדינת ישראל: שליש אחד אמ"ן, שליש אחד צה"ל, ושליש אחד מהזמן יפתור את בעית מדינת ישראל. כמה נאיביים היינו.

אלכס אורן

אם היו קונים אז מחשב יבמ, היה מגיע מחשב עם תוכנה אולי לא פנטסטית כמו היום, אבל היה מגיע מחשב עם תוכנה. היו מגיעים מומחים של יבמ עם סט קורסים. שבועיים היו מלמדים פה תיכנות, לא היה קורה מה שקרה לנו עם מחשב ריק לגמרי, ללא תוכנה או נהלי התקנה והדרכה. אני חושב שזה היה מאד לטובה, מפני שלימד אותנו לעמוד על הרגלים.

מאיר

מצאתי היום חיזוק לרושם שיש לי כבר שנים רבות – מין כפירה בכל התורה של ניתוח מערכות, המחייב סיבוב בכל הדרגים ביחידת המשתמש, והקמת גוף שמיישר את כל חילוקי הדעות וקובע את תכנית העבודה במחשב בצורה מפורטת.

כל הקבוצות שעבדו לפני בממר"מ היו קבוצות קטנות שקבעו לעצמן את הדרישות, כתבו תכניות מחשב וביטלו אותן ללא התייעצות עם אחרים. בראש הקבוצה הטיפוסית בממר"מ עמד אדם שנשלח לשם מפני שהוא היה בין בכירי המשתמשים, יודע מה דרוש ומוסמך להחליט ולבצע. רק שתי קבוצות היו שונות, של חיים קדים ושל קרל קרן. חיים ייצג למעשה המשך של ממ"ס, לכן דרשו ממנו תכנית כבדה מאד, שתהווה התקדמות ממשית.

לגבי קרל אני מכיר את הפרטים. היה עליו לבצע את רצונם של חצי תריסר מחלקות שונות, שכל אחת מהן ניהלה כרטסת מידע. הכוונה היתה לערוך כרטסת ממוכנת אחדה, אבל אחרי דיונים אין סופיים הוחלט למכן את הכרטיסיה של אחד הלקוחות, שתהיה הבסיס לכרטסת המאוחדת. הלקוח דרש 220 שדות מידע, לא אחד פחות, וודאי לא מודל מבוסס על עשרים שדות בלבד. היה צורך בישיבת תיאום לקראת איחוד השיטות בעתיד. ישבנו פעם אצל סגן ראש החיל עד חצות עם שני קצינים בכירים. אחד אמר שהוא מציין מצב מסויים בנקודה־פסיק, ועמיתו התעקש שמוכרחים להשתמש בנקודה בלבד. דנו בבעיה זו חמש או שש שעות, וסיימנו את הישיבה בלי החלטה.

לכן, מי שחקר לעומק הסתבך, ומי שקפץ למים העמוקים הצליח. עקבתי אחרי לימוד דרישות המשתמש במשך 14 שנה בתעשיה האווירית. כאשר הגעתי לשם, כל המנהלים, בכירים וזוטרים, לא הכירו את המחשב. התקשינו מאד בכתיבת מערכות חדשות. כעבור עשר שנים, כשכבר היו לנו מנהלים זוטרים בוגרי אוניברסיטה, שלמדו מה זה מחשב, כל העסק נעשה פשוט יותר. דבר אחד אף פעם לא עמד לרשותנו – פרק הזמן של שנים שמאפיין את השיטה האמריקאית המשוכללת. מנהל רוצה כאן תוצאות תוך חצי שנה – לפני שבא תורו לרוטציה.

מרדכי קיקיון

ברצוני להזכיר גם את אנשי האחזקה של המחשב ותחנת הכח. הם שהפיחו רוח חיים ב"ברזלים" והם שגידלו דור תחזוקנים של מחשבים, ציוד עזר ומתקני מחשב.

קבוצה זו של אנשים דאגה להחזיק את המחשבים ואת ציוד העזר במצב תקין בכל שעות היממה, כדי שהמשתמשים "יקבלו" את השעות המתוכננות.

בראש הקבוצה עמד מיקה קדם ואתו טכנאים שעברו יחד אתו השתלמות בארה"ב, בפילקו. היה גם טאוב, שדאג שתחנת הכח תענה על המצופה ממנה.

לצורך התקנת המחשב ועריכת מבחני הקבלה, הגיעו יחד עם הציוד טכנאים אמריקאים שבאחריותם היה להתקין את הציוד ולהעבירו "מבחני קבלה", כפי שהוגדרו.

היה טכנאי אמריקאי שקבע כי תקלה פירושה שכרטיס זז ממקומו או שיש מגע רופף, ואז היה לוקח פטיש פלסטי ודופק על הכרטיסים, בתקוה שזו התקלה (וכמובן שלא זאת היתה התקלה). והיה טכנאי שטיפל בקורא כרטיסים ולאחר טיפולו הקורא הפך ל־קורע.

התוצאה היתה שפילקו נכשלה במבחני הקבלה, ושילמה את הקנס שנקבע בחוזה, בסך 100,000 $

עם גמר מבחני הקבלה עזבו הטכנאים האמריקאים את הארץ והאחריות לתחזוקה עברה לידי מיקה וחבריו.

מיקה קרא למחשב "ברזלים". הוא ועוזריו הצליחו להשתלט על הציוד. יש לזכור כי זה היה ציוד מחשבים בנוי מטרנזיסטורים, הראשון בישראל.

לפעמים הייתי יורד לאולם המחשב ומוצא את מיקה שרוע על blue print, שתופס שטח ניכר מרצפת האולם, צועק לאחד הטכנאים שלו "חבר את הנקודה הזו לנקודה הזו".

אני זוכר שפעם, כאשר ירדתי לאולם המחשב, מצאתי רשת של חוטים המצטלבים מעל המחשב, כששאלתי לסיבה נאמר לי שישנה תקלה שבאה ונעלמת ולדעת מיקה יש השראה מבחוץ. כעבור זמן בא אלי מיקה ואמר – "יש השראה מכסא המפעיל, כאשר הוא זז על הכסא, קורית תקלה".

אכן הימים היו מלאי ענין וויכוחים, כמו, האם להפסיק בתהליך של תחזוקה מתוכננת ולעבוד עד שתקלה תפסיק את פעולת המחשב.

דיונים היו לא רק בממר"מ אלא בעולם כולו. הספרות המקצועית היתה מלאה מאמרים שצידדו בדרך פעולה זו או אחרת, נושא שנראה מוזר היום.

היו אלה ימים גדולים. טכנאים שאף פעם לא ראו מחשב חזרו מארה"ב ולקחו על עצמם לתחזק מחשב שמורכבותו עלתה בהרבה על זו שבמחשבים הקיימים היום.

לסיכום ובמבט לאחור, אשתדל לענות על השאלה שאני שואל את עצמי, האמנם החזרנו את התמורה למערכת הבטחון, האם תרמנו למדינה, וכיצד?

אנסה להביא כמה דוגמאות:

– נושא המיחשוב היה מגיע לישראל, אבל בוודאי באיחור של כמה שנים, כפי שהיה מגיע במקומות אחרים במדינה. הצרכים של צה"ל ומערכת הבטחון חייבו אותנו להקדים להיכנס לנושא.

– למרות שהכנסת הטרנזיסטור למחשבים היה אז בשלבים ראשונים וראינו רק שתי חברות שהיו בשלבי פיתוח מתקדמים, החליטה מערכת הבטחון לבחור במחשבים הבנויים על בסיס טרנזיסטורי.

– הכנסת המחשבים חייבה אותנו לפתח את נושא ההדרכה, לא רק למשתמשים הישירים במחשב אלא לדרג הגבוה ביותר במערכת הבטחון. ראינו אותם כאנשים שעלינו לתת להם את השירותים ועליהם לדעת את אשר הם יכולים לצפות מאתנו.

– גידלנו דורות של אנשי מקצוע שתרמו ותורמים גם היום למדינה. אנו רואים את בוגרי ממר"מ במתקנים רבים, בהם הם נחשבים ככח האדם המעולה, והם באמת כאלה, לא רק בישראל אלא לדאבוני הרב גם בחו"ל.

– בממר"מ הונחו היסודות להקמת מתקנים ביחידות אחרות של מערכת הבטחון. לדוגמה: תחילתה של כניסת התעשיה האוירית לנושא המיחשוב נעשתה בממר"מ וכך לגבי רפא"ל, משרד הבטחון וכמובן במקומות אחרים בצה"ל.

– על התמורה הישירה לצה"ל במערכות עיבודי נתונים מינהליים העידו ויעידו חברי בממר"מ דאז. עלינו לזכור שהעלאת נושא מסוג הנשאים שהוטלו עלינו חייב 4–5 שנים של ניתוח הנושא, תכנונו והעלאתו של המחשב באמצעים ובטכנולוגיה הקיימת, ואם חברי בממר"מ דאז הצליחו להעלות נושאים חשובים שהם יסוד לנעשה היום, אני מצדיע להם.

– אם יש לנו היום מילון מונחים עבריים בנושא המיחשוב, זה הודות לממר"מ, שהטילו על רסן בן־הראלי ז"ל. לא פעם אני נזכר בו במגעיו עם האקדמיה ללשון העברית ונסיונותיו לשכנע אותנו להשתמש בכינויים החדשים (גם קלט/פלט היה פעם מונח חדש).

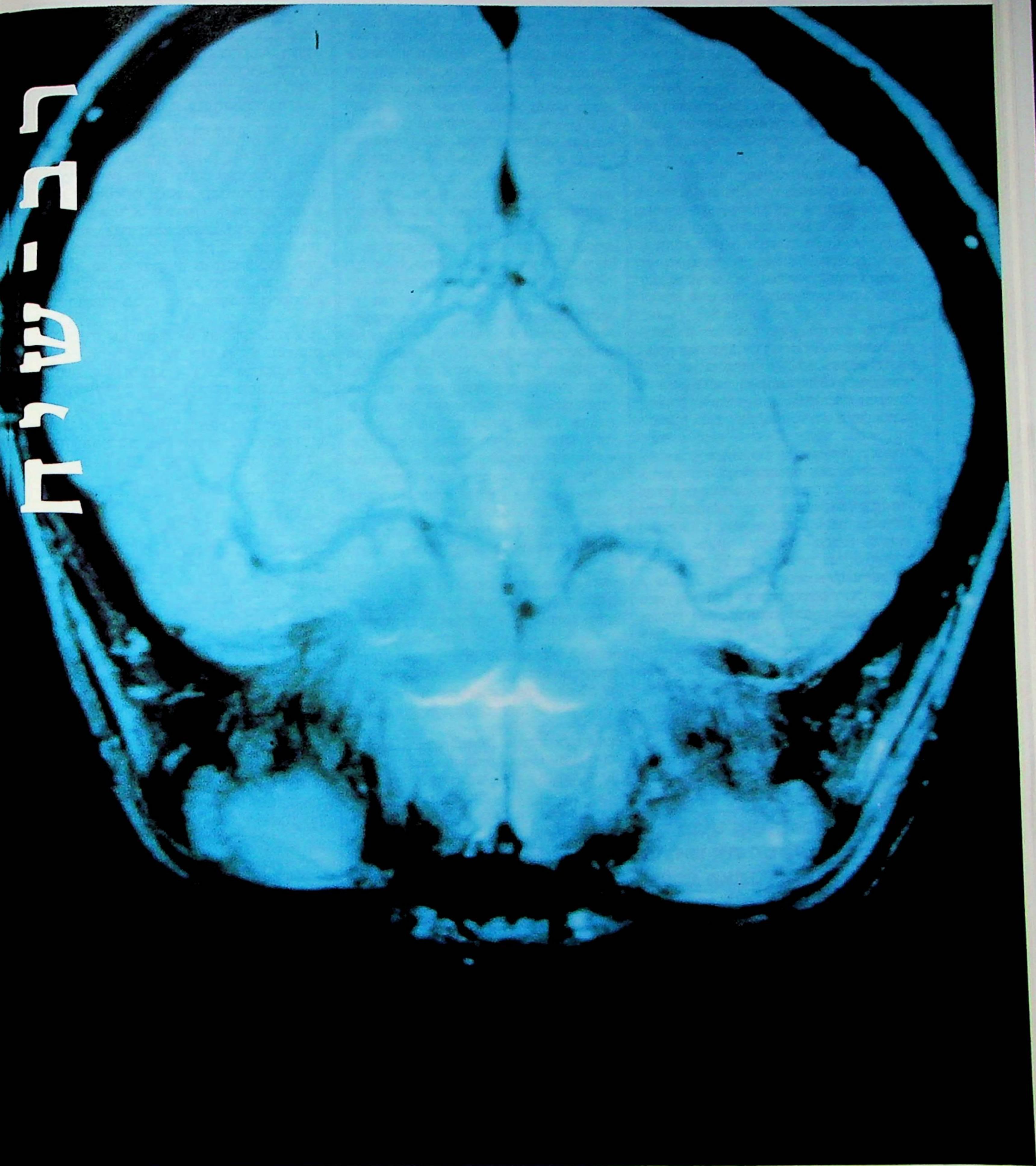
– לא רק נושאי מערכת הבטחון העסיקו אותנו, ניסינו לנצל שעות מחשב פנויות ודרכן לתרום לגופים אחרים במדינה, ואזכיר רק שניים מהם. אחי ברנד, היום פרופ', פתח את השימוש ב־linear programming ובעזרתו התחלנו לעזור למשקים בתכנון משקם. מספר ניכר של משקים נעזרו בנו.

י. שוויקה, כיום פרופ' בבר־אילן, פיתח את נושא שאלות ותשובות הידוע בשם פרויקט השו"ת. הרקע לכך הוא הנסיון שרכש בממר"מ.

– התפתחות תעשיה בארץ של הקמת מתקנים, שהבסיס לה היו הנסיון והידע שנרכש בממר"מ.

– על התרומה הישירה לאגפי המטכ"ל דיברו חברי הנכחים פה.

אני מביט אחורה בחיוך. מילאנו את המשימות כפי שציפו מאתנו, אנו רואים זאת גם היום, את התשתית להיום הינחנו אז, ועל תשתית זו נבנה הקיים היום והמתוכנן למחר. היו לנו גם כשלונות, אבל האומץ שהיה לנו להיכנס לנושא שגם בעולם היה בתחילתו והגיבוי שקיבלנו איפשרו לנו לעשות את אשר עשינו, למרות הטעויות והתהיות.



המחשב ומוח האדם

רב־שיח שנערך ע"י יבמ בערב לזכרו של **דוד כהן** ז"ל בהנחיית **צבי ינאי**

צבי ינאי: מאחר שאנחנו דנים הערב בבינה מלאכותית, אי־אפשר שלא להזכיר את שמו של אחד ממייסדי הבינה המלאכותית ומכוהניה הגדולים – מרווין מינסקי. על מינסקי זה טוענים אגב, שהוא הוכיח מבחינה לוגית, שמוצא האדם הוא לא מקופים, אלא ממכונות. בעקבות ספרו החדש, The Society of Mind, ספר מומלץ לכל המתעניינים בנושא זה, הוא יצא בהמלצה לכל המתעניינים בבינה מלאכותית להתעלם מכל מה שהמומחים אומרים, כיוון שאנחנו נמצאים בימי הביניים של עידן המחשבים, בתקופה שבין אפס טכנולוגיה לטכנולוגיה כוללת. ובכל זאת, מדו"ח שהתפרסם לאחרונה בעיתונות, מתברר ש־150 מתוך 500 החברות שמופיעות בכתב העת 'פורטשן' משקיעות בפיתוח יישומים של בינה מלאכותית יותר ממיליארד דולר. מכך נובעות שתי מסקנות:

א. יש בסיס כלכלי איתן לבינה המלאכותית;

ב. יש אוזן קשבת למומחים, וזה מה שבעצם נעשה הערב, אנחנו נקשיב מה יש למומחים לומר בנושא זה: דניאל עמית, פרופ' לפיזיקה מהמכון ללימודים מתקדמים באוניברסיטה העברית; שמעון אולמן, פרופ' לבינה מלאכותית ב־.M.I.T ופרופ' למדעי המחשב במכון ויצמן; ד"ר אהוד שפירא, מהמחלקה למתמטיקה ומדעי המחשב במכון ויצמן ויו"ר האיגוד הישראלי לבינה מלאכותית. ואחרון – פרופ' מיכאל רבין מהאוניבסיטה העברית.

השאלה הראשונה מכוונת אליך, פרופ' עמית: מה עושה פיזיקאי בחבורה שבאה מסביבה קלאסית של בינה מלאכותית; עם אדם שעוסק בחקר הראיה הטבעית והמלאכותית (אולמן), אדם שמפתח שפות תכנות למחשבים מקבילים (שפירא), ומתמטיקאי ומומחה בתחום של מדעי המחשב (רבין). אז מה עושה באמת פיזיקאי כאן?

דניאל עמית: לפני שאענה על השאלה הזאת, אני מוכרח לומר מילה או שתיים אישיות, שאיני יכול לוותר עליהן באירוע כזה. באופן הפשוט ביותר של המילה, עלי להיחשב לאחד מ'נערי' דוד כהן. זה היה חלק מההתפתחות שלי בתחום המחשבים. זכיתי, כשהייתי בצבא, להיות ביחידה שהקים דוד כהן בממר"מ. בשלבים ראשונים בהדרכתו של יהושע מאור, אחר כך תחת הפיקוד של יחיאל אלון. זהו זמן רחוק, אבל זמן נפלא. היו לנו קשיים רבים, הרבה מתחים והרבה חששות, אבל אחד הדברים שתמיד נתן בטחון שדברים יבואו על מקומם בשלום, היה הידיעה שדוד כהן ישנו שם. זהו זכרון שקשה לשכוח אותו ולכן אני אסיר תודה למי שהעניק לי את ההזדמנות לחזור עכשיו, לאחר 27 שנים, ולהשתתף בערב זה לזכרו.

ועתה לשאלה ששאלת, ובכן, כפי שפרופ' רבין הציג בהרצאתו המאלפת, בקורטקס האנושי (קליפת המוח), זו השיכבה הדקה החדשה שאנו גאים בה, בהשוואה לרוב בעלי החיים אחרים, המרשים במיוחד הוא העושר העצום של תאים, המספר הגדול כל כך של תאים המתקשרים זה לזה. וכן העובדה שנראה שאפשר להציג כל אחד מהתאים האלה, על ידי אוסף קטן של פרמטרים, של משתנים. בכך הופך הקורטקס למערכת שמזכירה מאוד מערכות בפיזיקה. אלה הן מערכות שהמחקר בפיזיקה, ובעיקר בפיזיקה סטאטסטית, או פיזיקה של מצב מוצק, צבר בהן ניסיון רב במשך 25 השנים האחרונות. אלו המערכות המגנטיות למיניהן. נוסף לכך, ב־10 השנים האחרונות, ובמידה לא מעטה בהשראתו של סקוט קירק פטריק, מ־יבמ יורקטאון־הייטס, נפרץ התחום המכונה אצלנו: "זכוכיות ספין". זכוכיות ספין הן מערכות שבהן ישנם אלמנטים מגנטיים רבים מאד. בדרך כלל אלמנטים מגנטיים מנסים לסדר אחד את השני. כל אחד מנסה לסדר את השכנים שלו, בכיוון בו הוא מסודר; כפי שהקטבים של כדור הארץ מנסים לסדר מצפן. אבל ישנן מערכות שבהן מומנטים שונים כאלה פועלים באופן סותר אחד את השני, הדבר הזה מכונה בפיזיקה: "תיסכול" – המערכת נקראת מתוסכלת. והיא עוזרת לנו בטיפול במערכות שבהן הנירונים, תאי העצב השונים, מסוגלים להשפיע בצורה סותרת אחד על השני, כאשר אחד יכול לעורר את השני או לדכא אותו. למערכות כאלה יש עושר תכונות, שקשה מאוד לצפות אותן מהאלמנטים הבסיסיים שלהן. הניסיון שהצטבר בפיזיקה בטיפול בהתנהגות הדינמית של מערכות כאלה, נותן שורה של מושגים, שורה של מודלים מחשבתיים שיש בהם מטאפורות רבות שמדליקות אורות נעימים ולכן אנחנו הפיזיקאים נכנסנו לתחום אשר נכנסנו, ויקח זמן רב עד שנצא.

צבי ינאי: מעצם העובדה שאתה מעלה מודל פיזיקלי של המוח, זה מעיד, כך נדמה לי, לא יותר מאשר ברמז, שאתה לא מרוצה לגמרי מהמודלים הקיימים שניסו, הן הביולוגים והן הגנטיקאים, להעלות. האם זה נכון?

דניאל עמית: האמת היא, שהכיוון בו אנו מסתכלים שונה מאוד באיכותו. אילו היה בשטח מודל או הסבר, או תיאוריה, שהיו משביעים את רצונו של מי שמציע אותם, אז כמובן לא היה צורך בסיפור הזה, ואפילו היה לנו מודל מעניין, איש לא היה מתחשב בו. יש כאן צירוף של שני דברים, האחד הוא שסוג התופעות שאנחנו מסוגלים להסיק מתוך מערכות כאלה, הוא איכותית שונה מסוגי התופעות שמוסקות בדרכים אחרות. חשוב להבין, שאיש מאיתנו איננו יודע אם אנחנו מדברים באמת על המוח. ישנם דברים מאוד דומים, מאוד מזכירים, מאוד מפתים, מאוד יפים, שבירורם מתקדם מהר. אולם, ברור שגם במקרה הטוב ביותר, איננו עונים על השאלה כולה. המוח עשוי מצירוף של מערכות שונות ומשונות שהתפתחו בשלבים שונים של האבולוציה, ואם בכלל יש לסיפור שאנחנו מטפלים בו, איזו שהיא אחיזה במציאות, ואני מקווה שכן, הרי בתחומים מאוד פנימיים, התחומים האסוציאטיביים של החלק הקורטיקלי של המוח. לגבי החלק הזה איני חושב שישנן אלטרנטיבות טובות. יחד עם זאת, בחמש השנים האחרונות נושא זה הפך לתחום מרכזי מאוד בפיזיקה, וכמות ההתקדמות, אם היא מודד חשוב אינני יודע, היא עצומה. כרגע זו הגישה היחידה, בה לגבי הפעילות של מערכות נירונים, של רשתות נירונים, קיים כזה עושר של תוצאות שיטתיות.

כדאי עוד להזכיר את העובדה, שבין אם בכך יוסברו בסופו של התהליך אלמנטים פשוטים במחשבה ובזיהוי, הרי אפשר על סמך עקרונות אלה לבנות היום חומרה, וצעדים כאלה אכן נעשים. קיימת כבר מערכת כזאת אצלנו באוניברסיטה, אנחנו עובדים על המערכת השניה, ומערכות מהסוג הזה פועלות – מערכות בסיליקון או מערכות אלקטרו־אופטיות. הן מסוגלות לפעול לפי העקרונות הנירוניים, עם ביצועים יפים, לפחות ברמה של זיהוי צורות, זיהוי מחרוזות עיתיות של צורות, וכדומה.

צבי ינאי: אם מישהו מבין המשתתפים רוצה להגן על כבודה של הקירבניטיקה, הרידהו מוזמן לעשות זאת כעת או לשלב את הגנתו במסגרת התשובה לשאלה הבאה. אני פונה אליך, פרופ' אולמן, נדמה לי שפרופ' דניאל עמית רואה ומנסה להסביר את הפעילות המוחית הבסיסית, כפעילות שמארגנת את עצמה. בעוד שאתה שם את הדגש יותר על הפיענוח של האלגוריתם, שעומד ביסוד אותה פעילות מוחית שאנחנו מנסים להבין. האם ישנו הבדל בין שתי הגישות האלה?

פרופ׳ אולמן: לדעתי כן. אני חושב שהגישות משלימות במידה מסוימת אחת את השניה. כאשר מסתכלים על מערכת מסובכת כמו המוח, וגם על מערכת מחשב מסובכת, הרי ההבנה של התהליך הקורה במוח או במע־רכת המחשב, כאשר הוא פותר בעיה, נעשית ביותר מרמה אחת. ראינו מחשב שפותר משוואות מסובכות, עושה סימולציות של זרימה ודברים דומים. כאשר מישהו ישאל אותך מה עושה המחשב כדי לפתור בעיות אלה, לא ברור שתשיב שטרנזיסטור א׳ נפתח וטרנזיסטור ב׳ נסגר. הסברים אלה הם ברמה של המכניזם; איזה אלמנטים קיימים במחשב וכיצד הם פרעלים. מובן שיש להם קשר לחי־שוב שנעשה, אך לחישוב יש לוגיקה משל עצמו.

באופן דומה, ניקח דוגמה מהדוגמאות שמי־כאל רבין העלה – הסינטקס של שפה טבעית. אפשר להסביר כיצד הופכים משפט מסביל לפעיל, כיצד הופכים משפט מחיווי לשאלה, וכו׳, בלי להתיחס לנירוטרנסמיטרים ולנירו־נים, מי מהם קשור למי, כמה קשרים יש וכו׳. כלומר, לחישוב יש לוגיקה משל עצמו, וכא־שר מבינים את עקרונות החישוב ואת הלוגי־קה של החישוב, אפשר ליישם עקרונות אלו במערכות חומרה שונות.

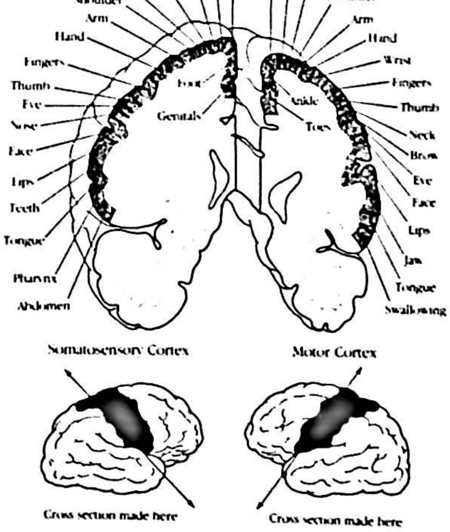
אחד הדברים שהאינטליגנציה המלאכותית מנסה הוא להבין את הלוגיקה של חישובים שונים. כאשר אנחנו רואים ומכירים פרצו־פים, למשל, אפשר לשאול באיזה מצב אנחנו מכירים אותו פרצוף, כאשר הוא מחייך? כאשר הוא עצוב? אולי האדם שהיכרנו הזד־קן בינתיים? אך אנחנו עדיין מכירים אותו. לשאלה כיצד אנחנו מסוגלים להכיר? כיצד המוח שלנו מסוגל להכיר צורות בצורה כל כך גמישה? התשובה אינה בהכרח ברמה של נירונים, נירוטרנסמיטרים וכו׳. ולכן, אני רואה את העבודה בתחום האינטליגנציה המלאכותית ובתחום רשתות העצבים, כעבודה מקבילה. אנחנו רוצים להבין את המכניזמים שמרכיבים את המוח, איזה תכו־נות הם מעניקים למוח וכו׳. באותה עת אנחנו רוצים להבין את התהליכים החישוב־יים שהמוח מבצע, ואת ההגיון מאחוריהם. לדעתי, גם כאשר נתבונן במוח, חלק מההס־בר של המוח עצמו יבוא מרשתות כלליות, שיש להן תכונות של זכרון אסוציאטיבי או מרשתות שמסוגלות ללמוד מעצמן. נראה את אותם עקרונות חוזרים, בתפקידים שונים, בין אם מדובר בשפה, בראיה או בשליטה בפעולות מוטוריות וכו׳. יחד עם זאת אין לי ספק שנמצא במוח גם מעגלים רבים שאפשר לקרוא להם ל״מטרות מיוחדות״ (for special purposes), רשתות בעלות מבנה מיוחד, המתאים לאופי הבעיה אותה נועדו לפתור. כדי להבין את אותם מעגלים, לא מספיק להבין עקרונות כלליים: כיצד אוסף של נוי־רונים פועל בדרך כלל, יהיה צורך להבין את אופי התפקיד אותו הם מבצעים. למשל, כיצד מבוצעת ראיה סטריאוסקופית, כיצד מתבצעת ראית צבעים, כיצד מתבצעת שלי־טה מוטורית של אצבעות וכו׳. הבנת התפקי־דים הספציפיים האלה תקדם אותנו לקראת הבנת המעגלים שבמוח.

צבי ינאי: *יש לי הרגשה שיש פה, לא הייתי אומר סתירה, אבל איזה שהוא איזור ״אפל״ במקצת בין ההסבר שלך לבין ה״מכונות הקישוריות״ שאת חלקן ראינו בסרט. מכונות מסוג ה״קונקשן משין״, של דניאל הילים או של איגור אלכסנדר (מכונה יותר קטנה), מצליחות בעזרת כמה אלפי מעבדים המחוב־רים ביניהם בקשרים, להגיע לזיהוי צורות, דבר שאפילו המחשב הסדרתי המהיר ביותר לא הצליח לעשות עד כה. דוקא אותן מכו־נות קישוריות, הפועלות תחת איזו שהיא הנחיה כללית ולא ע״י אלגוריתמים ספציפ־יים, מגיעות לכושר זיהוי מפתיע, שאיש בעצם לא מבין בדיוק. כיצד הן עושות זאת? ואם לדעתך האלגוריתם הוא המפתח לכל נושא ההבנה, איך אתה מסביר את התוצאות המפתיעות של המכונות הקישוריות?*

פרופ׳ שמעון אולמן: לדעתי התוצאות אינן מפתיעות, השאלה היא יותר של זמן ביצוע. אצל אלכסנדר באנגליה ובקונקשן משין, אין כל מסתורין. אני חולק על דעתך, שהם עשו כביכול דברים מפתיעים, שלא היו צפויים מראש. עיקר ההבדל, עד עתה, הוא בזמן חישוב.

ניקח למשל אחת מהדוגמאות, אלגוריתם לראיה סטריאוסקופית. אלגוריתם זה נעשה ונבדק למערכת סדרתית, ועבד טוב פחות או יותר. הוא פותח מסוף שנות השבעים ע״י מאר ופוג׳יו, ואח״כ שוכלל במקצת. האלגוריתם הזה עבד, ועבד היטב, אך כדי לעבד זוג תמונות, היה צריך להשאיר את המחשב עובד כמעט כל הלילה. התעורר צורך לעבד את הנתונים יותר מהר. את המהירות הנוספת הזאת משיגים במקרה הזה בעזרת הקונקשן משין.

לדעתי, בכל המקרים הללו לא נוצרה בעזרת עבודה, בעזרת המחשבים האלה, בינתיים לפחות, איזו שהיא הבנה חדשה, תחום שאנו מופתעים בו, בו המחשב ביצע משהו אחרת וטוב יותר מכפי שצפינו.



צבי ינאי

השאלה היא אם קיבלו תוצאות חדשות, שהן עצמן לא מובנות, אבל כשלעצמן מפתיעות. תקן אותי אם אני טועה, אבל המחשב הסדר־תי, המהיר ביותר, עדיין לא מסוגל להבחין בין פרצוף של כלב ופרצוף של חתול, בעוד שהמכונות מהסוג הקישורי כבר הגיעו לאב־חנה ולזיהוי פניהם של 15 בני אדם שונים, גם לאחר שאלה ניסו להסוות את עצמם.

פרופ׳ אולמן: לא בצורה מפתיעה. הצליחו לעשות זאת ויש גם תכניות במחשב סדרתי שמנסות להבדיל בין פרצופים, אך הביצועים בכל המקרים מוגבלים מאד. אפילו בדברים יותר פשוטים, כמו הכרת כתב יד, עדיין לא הגיעו לביצועים טובים שמשתווים למוח האנושי. יחד עם זאת, ברצוני להזכיר משהו יותר מפתיע. אתה יכול לבחון, לא קונקשן משין, אלא בעל־חיים כמו יונה, שיש לה מוח בגודל של גרגיר אפונה, ואותה יונה אפשר ללמד להכיר אותיות בא״ב, או להכיר פרצו־פים, והיא מכירה את אותו פרצוף כאשר האדם מוסיף שפם ומשקפים. ביכולתה לה־כיר גם סוגים שונים של עצמים, שיונים לא מכירות בדרך כלל, כמו סוגי דגים. והיונה שלימדוה מכירה היטב.

ישנם אלגוריתמים מסתוריים יחסית, שאנחנו עדיין לא מכירים, שיתכן שכדי לבצע אותם ביעילות, יש צורך במחשב מקבילי. אבל לדעתי, וזה ענין של חוות דעת יותר מאשר תוצאה שאפשר לדווח עליה, בכל המחשבים המקבילים, למרות שהגיעו למהירות מאד מאד גבוהה, וזה מאפשר נסיונות חדשים, לא הגיעו לאלגוריתמים חדשים מעניינים, לא בנושא זיהוי צורות, לא בנושא זיהוי דיבור, לא בנושא זיהוי כתב יד, לא בנושא משחק שחמט ולא בנושאים דומים הדורשים אינטליגנציה.

צבי ינאי: *נדמה לי שד״ר שפירא קצת ספקן לגבי ההבטחה הגדולה הטמונה במחשבים מקבילים. האם אני צודק?*

ד״ר אהוד שפירא: ראשית, דעתי כשל שמ־עון, שבחישוב מקבילי אין, לפחות בקירוב ראשון, יותר מאשר חישוב סדרתי מהיר. אין משהו מהותי שונה במחשבים מקבילים. כל פעולה של מחשב מקבילי אפשר לבצע על מחשב סדרתי, רק קצת יותר לאט: פי עשר, פי מאה, פי עשרת אלפים יותר לאט, אבל עקרונית זה אותו חישוב.

האם הכמות הזאת תצטבר לאיכות? יתכן שבסופו של דבר, אבל אין ספק שזה עדיין לא קרה. המחשבים המקבילים מבצעים דברים ידועים, רק יותר מהר. מבחינת רבות זה חשוב, אבל אין פה שינוי איכותי.

ברצוני להתיחס לנקודה קודמת ששמעון העלה, והיא יותר מרכזית – באיזו פרספקטי־בה אפשר לראות את ההישגים שהמודלים הנירליים של ספין גלס הגיעו אליהם. אין ספק שהם הגיעו להישגים יפים. אבל התחום שבו הגיעו אליהם, ואני חושב שדניאל יסכים

לכך, הוא תחום של בעיות שנחשבות פשוטות יחסית. אלה ביצועים שלא רק בני אדם יכולים לבצע, אלא גם חתולים ועופות ואפילו בעלי חיים יותר נמוכים.

אבל החשיבה היא עדיין בגדר סוד לא מפוענח. אין ספק שבכיוון חקר מודלים נירליים יש התקדמות. אבל אין בכך להבטיח שאם נמשיך באותו כיוון עוד כמה צעדים, נבין איך בני אדם מבצעים פעולות לוגיות, איך הם ממציאים סונטות וכו'. הנקודה ששמעון העלה, לדעתי היא הנקודה המרכזית. אין אנלוגיה ישירה בין מבנה המוח לבין מבנה מחשב מקבילי. לדעתי פרופ' רבין הראה זאת בבירור בהרצאתו. ממחקר או מבניה של מערכות סבוכות למדנו שיש דבר שנקרא שכבות של הפשטה. אם נבחן את מערכת המחשב שאנו בונים, נראה שניתן לזהות לפחות 13 רמות שונות או שכבות שונות של הפשטה. המיוחד בכל שכבת הפשטה כזאת, שאפשר לחקור אותה באופן עצמאי; אפשר להבין אותה בלי להבין איך היא בנויה מהרכיבים של השכבה שמתחתה, ואפשר להבין איך היא בונה את השכבה שמעליה.

לאלה המכירים מחשבים יותר לעומק, אמנה את השכבות הללו: טרנזיסטורים, מעליהם שערים לוגיים, מעליהם מעגלים, מעליהם יחידות פונקציונליות ומעליהם המעבד, דהיינו 5 שכבות ברמת החומרה, ואז, כשעוברים לרמת התוכנה, יש פקודות מכונה, מעליהן פקודות שפה עילית, מעליהן פרוצדורות, מעליהן מודולים, ומעליהן תכניות. ועכשיו, אם נעבור לרמת הרעיונות: יש אלגוריתמים, מבנה נתונים ורעיונות, אולי יותר מופשטים או בלתי נתפשים, שאין לנו שמות בשבילם. מניתי פה רמות הפשטה שכל אחת מהן אפשר להבין באופן נפרד, אפשר לחקור אותה, ואפשר להבין אותה בלי לדעת מה המרכיבים האבסטרקטיים והקונקרטיים שמרכיבים אותה מלמטה.

התחושה שלי, שבחקר המוח אנחנו רק "מגרדים" את השכבות הנמוכות. אין ספק, לכל מי שמכיר מערכות סבוכות, שיש עוד שכבות רבות של הפשטה מעליהן, שאנחנו כלל לא יודעים איזו צורה להן. מה שבטוח, לפחות לפי האינטואיציה שלי כאיש מדעי המחשב, הוא, שקיימות שכבות כאלו, ואנחנו חייבים למצוא אותן לפני שנוכל להבין איך פעולות המערכות המורכבות של המוח.

צבי ינאי: כן. אבל כנגד המבנה ההיררכי שכרגע היצגת, ישנו מבנה הרשת. נדמה לי, אם אני מבין אותך נכון, עמית, שכאשר אתה מדבר על התארגנות עצמית, כלומר – רשת שמארגנת את עצמה, אתה לא מתכוון למבנה רב-שכבתי, שבו כל שכבה בונה את השכבה שמעליה.

פרופ' דניאל עמית: לדעתי אי אפשר לתת לשאלה תשובה מלאה. בכל זאת ישנו חלק די רציני בקביעת המבנה של המוח, אפילו של חתול, ונהיה מאד גאים אם נצליח להתמודד עם מוח של חתול. וישנו חלק רציני אחר שהוא חלק גנטי, שהתפתח באבולוציה, ובו ישנם חלקים המאורגנים בצורה היררכית ובצורות אחרות, כיוון שישנן התנהגויות חיוניות לקיום, שהרך הנולד חייב שתהיינה לו מיד. את תורת הקוונטים הוא יכול ללמוד יותר מאוחר. אני מניח שאפילו חומסקי מוכן לקבל שתורת הקוונטים לא נקבעת בצורה אינאית (innate) במערכת שלנו. כאן הוא מוכן להתפשר.

ישנם חלקים אחרים, שכנראה אינם גנטיים, העושר העצום של דברים שנראה לנו שאנחנו קולטים במהלך החיים, וכן העושר העצום של הקשרים במוח, שמוטב שיתארגן כחלק מהמגע שלנו עם העולם מאשר שיהיה מוכן מראש. אחרת דרושה יותר מדי אינפורמציה. יש תחושה חזקה שאנחנו אכן לומדים משהו והדברים האלה חייבים להיות משולבים.

אילו המערכת היתה לגמרי הומוגנית, הכל היה מתארגן באותה צורה, ולדעתי לא היינו יכולים לעשות דברים מעניינים. מערכת הומוגנית לחלוטין, מחשב מקבילי לחלוטין, אם אני מבין נכון, ויתקנו אותי שותפי לדיון, כי אינני מומחה למחשבים, הוא מחשב המיועד למטרה מיוחדת (special purpose). כל מה שניתן לבצע על מחשב מקבילי, ניתן לעשות על מחשב סדרתי. ההיפך אינו נכון, לכן חייבות להיות היררכיה וסדרתיות. ההיררכיה מוכרת בביולוגיה. ניתן כיום, ע"י רישומים של פעילות קורטיקלית להבחין, במערכת הראיה למשל, בסדרה היררכית של טיפול בחומר הקלט. חייבים להיות הטיפול במספר רמות והטיפול הסדרתי, והם המבצעים את הדברים המעניינים. אני חושב שענין החתול, שהעלה שפירא, והוא נכון, הוא בגלל העובדה שעד עכשיו כל הטיפול של הפיזיקאים היה באמת במערכת הומוגנית. מערכת כזו חייבת להיחשב כחלק קטן מאד, כמודול בסיסי, שממנו צריך להתחיל לפעול. עלינו להרכיב מודולים אסוציאטיביים כאלה לאורך, לעומק ולרוחב, על מנת שהמערכת תבצע משהו מענין.

צבי ינאי: הייתי רוצה לקבל אישור משאר חברי הפאנל, לגירסה שכל מה שמחשב סדרתי מבצע יכול לבצע גם מחשב מקבילי ולהיפך, או שישנן פעולות שבמקבילי אתה יכול לבצע, במיוחד כאשר המקבילי משמש בסיס לאותן מכונות קישוריות, שבמחשב סדרתי לעולם לא תוכל לעשות. בכל אופן, עד היום לא הצליחו.

פרופ' מיכאל רבין: כן, אבל בהסתייגות. נכון שהמחשב המקבילי מספק לנו את הכוח ואת מהירות החישוב, המאפשרת לנו לדחוס לזמן קצר את החישוב האדיר שצריך לבצע. זה נראה בסה"כ שינוי כמותי, אבל אם להשתמש בקלישאה הישנה, הרי במקרים מסוימים זו עשויה להיות כמות שהופכת לאיכות. אני, למשל, בהחלט מקבל את דעתו של קרבר מיד (Carver Mead), שבנה את הרשתית המלאכותית, בה יש אלפיים וחמשה תאים. אפשר היה במחיר של האטה בגורם של 2500, לבצע את הכל באמצעות תא אחד שמריצים בפניו את הסיגנלים, אחד אחרי השני. אבל הוא מרגיש ואני מסכים איתו, שהזמינות של ההתקן הזה, של הרשתית המלאכותית, פותחת בפנינו אפשרות לבצע ניסויים וסימולציות של ראיה, שהיו מאבדים את המשמעות שלהם, אילו היו לוקחים פי 2500 מהזמן שבו הוא מסוגל לבצע זאת. במחקר, ובכל פעילות אנושית, חשוב גם כמה זמן דרוש לביצוע.

אזכיר דוגמה אחרת. כל העבודות המענינות בגנטיקה ובביולוגיה מולקולרית, נעשו על בקטריות ולא על ג'ירפות. הסיבה היא, שבבקטריות אנחנו מקבלים רי-פרודקשן תוך חמש–עשר דקות. אילו היו צריכים לבצע את הנסיונות בגנטיקה ובהנדסה גנטית על ג'ירפה ולחכות עשרה חודשי הריון לא היינו מגיעים למה שהגענו. העובדה היא שמנסים על בקטריות, ורואים תוצאות מהר מאד. ואגב, יש שם גם הרבה מקביליות, מאות אלפי בקטריות בצלחת פטרי אחת. אי אפשר לקחת עדר של חצי מיליון ג'ירפות.

צבי ינאי: אי אפשר לחלק הריון בין עשר ג'ירפות ולקבל תינוק ג'ירף אחרי חודש אחד?

פרופ' מיכאל רבין: לדברים האלה יש בסופו של דבר משמעות מאד רצינית לגבי ההתקדמות שלנו, ולאופן שלנו לבצע דברים.

ודבר נוסף, כשאנחנו מנסים להבין את המוח באיזה שהוא אופן, גלובלי, יש לנו כל מיני סימנים. אנחנו רואים את הפעילות המפליאה הזו ורוצים להבין כיצד היא מתרחשת. ישנו למשל רמז אחד בסיפור הבלשי הזה, וזה היכולת לעמוד בפני פגיעות. אם אקח את המחשב האישי שלי, ואשפוך עליו ספל קפה, או אפילו כמה טיפות של קפה בנקודה אחת בתוך המחשב, השיבוש יהיה נורא, ואני הפסדתי את הכל.

אפשריות פגיעות די רציניות במוח, נוסף לתהליך הניוון הרגיל. אנחנו מאבדים מאות אלפי תאים כל יום, אך המוח שומר על אפשרות פעולה עד גיל די מאוחר. השרידות הזו, היא למעשה אחד מהרמזים. כלומר, אם אנחנו חושבים איך המוח מבצע את פעולת החשיבה והזכרון, אחד הדברים שאנחנו צריכים להסביר הוא כיצד מסוגל המוח לבצע את הפעולות לאור אפשרויות הפגיעה. העובדה שהוא מסוגל לכך מהווה איזה שהוא מורה דרך.

באותו אופן פועל הענין של המקביליות. אמרתי, שיתכן שהזכרון שלנו, המהיר יחסית, על אף הפעולה העצבית שהיא איטית יחסית, פועל בצורה של מקביליות. המקביליות, אם היא אכן קיימת, היא בעצמה מהווה איזה שהוא רמז להבנה של המבנה הזה. ברור לגמרי, שכמו בצעדים הראשונים של הפיזיקה, של הכימיה או של הביולוגיה, יהיו מבואות סתומים רבים שניכנס אליהם, ונצטרך לחזור כלעומת שבאנו.

צבי ינאי: ידוע לנו שהמוח שלנו מסוגל לשחזר מידע, למרות שמספר גדול של תאים שלו

נפגעו. יכולת זו עומדת בניגוד בולט למה שקורה במחשב. שם, אם נפגעים כמה מעגלים, פעילותו משתבשת. האם דבר זה לא מעיד שהידע, הזכרון וכשרים אחרים מאורגנים במוח בצורה רשתית, ולא דוקא כמרכזים או כמוקדים אוטונומיים של ידע?

פרופ׳ מיכאל רבין: אין לנו תשובות. אני יכול להתייחס בנקודה זו למחקר שאני עוסק בו, ולכן אני כמובן מתענין בו מאד. זהו מודל שמטפל באינפורמציה, מין שיטה לביזור אינפורמציה. בדרך כלל כאשר אנחנו מעונינים להשיג שרידות של מידע, אנחנו דואגים למספר עותקים. אם יש לנו מסמך חשוב, נצלם אותו ונשמור את הצילומים במקומות שונים כך שבמקרה של גניבה או שריפה במקום אחד, ייוותרו עדיין עותקים אחרים שיעמדו לרשותנו.

בעבודה שאני עוסק, בתחום המידע המחשבי, ואני מתכנן הכללה לתחום רשתות עצבים, פותרים את בעית ההישרדות בצורה אחרת. קיים אלגוריתם ללקיחת אינפורמציה. לדוגמה, ניתן לקחת אינפורמציה של מאה עמודים מודפסים, ולפזר אותה על פני 150 עמודים, בצורה כזו שבמקרה של אובדן 50 עמודים כלשהם ניתן יהיה, מתוך ה־100 הנותרים, לשחזר את כל המידע.

יש ענין רב בשאלה האם למודל המחשבי, לאלגוריתם המחשבי הזה, יש גם יישומים ברשתות עצבים.

זה קצת דומה לתמונות הולוגרפיות, תמונות תל־מימדיות. אם מסתכלים על לוח הצילום שעליו ישנה תמונה הולוגרפית, לא רואים דבר מסוים, רואים רק קוים שחורים ולבנים, בערבוביה של מערבולות וכתמים. כשמעבירים דרכה קרן לייזר בצורה מתאימה, מקבלים לא סתם תמונה, אלא תמונה תלת־מימדית. את הצילום הזה אפשר לשבור, ועד גבול מסוים, כל שבר שלו, פחות או יותר, מספיק כדי לשחזר את כל התמונה.

השאלות שאני מתענין בהן, במובן מסוים, אם מדברים במטפורות, מדברות על פיזור הולוגרפי כזה. דיברו הרבה בנשא, אך כאן ישנה שיטה חישובית וברורה ביותר, המאפשרת ביצוע. אם מערכת העצבים מתנהגת כך או לאו, זו השאלה הבאה.

פרופ׳ דניאל עמית: במערכת העצבים, ניתן למצוא רמז לתשובה. הרמז הוא הקשירות העצומה. כל תא עצב במוח, מתקשר בממוצע לכעשרת אלפים עד מאה אלף תאים אחרים, ומקבל אינפורמציה מעשרת אלפים עד מאה אלף תאים אחרים. דבר זה מאד קשה ליישום במערכות חומרה, בעיקר בגלל הסיבה שהזכיר פרופ׳ רבין, והיא, שפשוט קשה להעביר את כל החוטים הדרושים לכך. קשה לבנות מערכת עם אלף רכיבים, שכל אחד מתקשר לאלף אחרים. המוח מבחינה זאת מאד יעיל. ישנם בו כל הסיבים. בתוך 1 ממ״ק של קורטקס, עוברים סיבים מוליכים באורך כמה קילומטרים. הם מבודדים באופן יוצא מן הכלל על ידי המַיילִין. וכך מתאפשרת דחיסה של המוליכים בתוך נפח קטן מאד, צפוף מאד, והסיגנלים לא מתערבבים זה בזה. העובדה שהפעילות החשמלית היא בעצם פעילות אלקטרוכימית מקילה מאד אך מאיטה את התהליכים.

מכל מקום, כאשר יש מערכות בהן יש קשירות גבוהה כזו, אפשר לפגוע ברכיבים ובקשרים באחוזים ניכרים מאוד. מבחינה טכנית משמעותו שאפשר לבנות מערכות כאלה, בהן איכות היצור תהיה 25%, כלומר – 75% מהרכיבים יהיו פגומים, ובכל זאת המערכת תפעל כראוי. אלה דברים שאפשר להדגים ולבצע. ושוב, הבעיה היא להגיע לרמת הקשירות שבמוח.

צבי ינאי: כדאי להתחיל לסכם: אם אנחנו מדברים בבינה מלאכותית, הרי אחד הדברים שעומדים ביסוד הבינה האנושית לפחות, הוא היכולת ליצור קשר אסוציאטיבי־רלוונטי בין פיסות שונות של מידע שנמצאות במוחנו, שהקשר ביניהם אינו בהכרח מחויב השכל, אלא הם נוצרים באופן אסוציאטיבי מכל מיני סיבות שונות ומשונות. כל עוד איננו מבינים כיצד נעשה קשר זה במוחנו, העומד ביסוד מה שאנחנו קוראים השכל הישר, שהוא אולי התכונה החשובה ביותר של השכל האנושי, כיצד נוכל להעביר כושר זה למחשב?

ד״ר אהוד שפירא: לדעתי הבעיה של חיקוי המוח היא בעיה של חומרה, ולמרות שאמרתי שלא כל כך משנה אם המחשבים מקביליים או סדרתיים, הרי בבעית סימולציה כה גדולה, כמו סימולציה של המוח, מאד חשוב שיהיה לנו מחשב מקבילי גדול עם מעבדים רבים מאד. אני מאמין שאם הטכנולוגיה תמשיך להתפתח בכיוון שבו היא מתקדמת היום, אזי יהיו לנו בעוד כמה שנים מחשבים מספיק חזקים לבצע סימולציה של מבנה המוח, אם נדע באמת מה קורה שם.

צבי ינאי: אפילו כאשר מדובר במספרים הגדולים של 10 בחזקת 11 נוירונים?

ד״ר שפירא: פרופ׳ רבין לא סיים את המכפלות. לדעתי, אם היינו עושים את כל המכפלות של מספר הנוירונים במהירות החישוב ומספר הקשרים של כל נוירון, היינו רואים שצריכים מספר כזה או אחר של מעבדים עם שיפור כזה או אחר במהירות של כל מעבד, כדי להגיע למצב בו נוכל לחקות את קצב הפעילות של המוח, על כל 10 בחזקת 11 הנוירונים שיש לו. מבחינת כוח החישוב הבסיסי הכלים ישנם, ואין כל דבר מסתורי בחיבור אלמנט של אינפורמציה אחד עם עשרת אלפים או מאה אלף. יתכן שבסימולציה לא יהיה קשר פיזי ישיר בין אלמנטים ותשדורות תעבורנה דרך כמה תחנות. הדברים אינם בעייתיים מבחינה קונצפטואלית. החלקים הבעיתיים, כפי שאני רואה אותם, זה מה באמת לעשות עם כל כוח החישוב הזה, ומה המסתורין מאחרי אבני הבנין האלו, הנוירונים, שמאפשר להם להתחבר לרכיבים יותר גדולים, ולהגדיר אמצעי חישוב יותר מסובכים, שעדיין איננו יודעים כיצד הם עובדים.

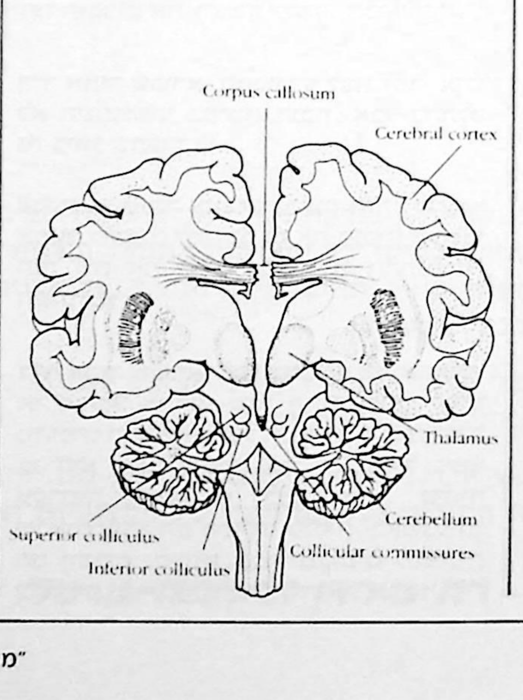
אתן אולי אנלוגיה. אם מישהו מהמאדים היה מגיע ומנסה להבין מה קורה במערכות מחשב קיימות, נכנס למחלקה שלנו, מסתכל בטרנזיסטורים של המחשב הסטנדרטי והפשוט שיש לנו, עם מערכת ההפעלה הקונבנציונלית ועשרים משתמשים שעובדים עליו, לא היה לו כל סיכוי להבין מה באמת קורה רק מתוך אינפורמציה כיצד נפתחים ונסגרים המעגלים.

כפי שאמרתי, יש פה הרבה מאד שכבות אבסטרקטיות, ולפני שהבנת מה קורה ברמה הגבוהה ביותר, המשתמש, שיש לו כוונות ותכניות, שהוא רוצה לתת פקודה כדי לבצע, והכל ברמות הפשטה מאד גבוהות, הרי לפני שהצלחת להעלות שכבה על גבי שכבה ברמות ההפשטה, אין לך כל אפשרות להבין מה קורה במערכת הסבוכה הזו.

בהנחה שאיש המאדים יכול לראות רק מה קורה במעגלים החשמליים של המחשב, הוא לא יכול להבין מה באמת קורה. אנחנו, למרות שאנחנו לא מהמאדים, והמוח הוא שלנו, אנחנו פחות או יותר באותו מצב. אנחנו נמצאים מול המערכת הסבוכה הזאת, שיש לה יכולת אדירה שמפתיעה אותנו, אך איננו מבינים כיצד היא פועלת. אנחנו מנסים להבין אותה מהרמה של איך מעגלים נפתחים ונסגרים, והדרך עוד מאד רחוקה עד שנבין איך כוונות, רעיונות, תכנונים ושיקולים באים לידי ביטוי, ואלו הן הפונקציות הגבוהות של המוח האנושי.

צבי ינאי: פרופ׳ אולמן, אתה חוקר שנים את השאלה של הראיה המלאכותית, באיזה שלב נמצא המחקר בתחום הזה?

פרופ׳ אולמן: ברצוני לשלב כאן תשובה, או התיחסות, לשאלה הקודמת, לדעתי היא חשובה ונוגעת גם לשאלה האחרונה. אפשר בינתיים לבצע מעט מאד, דברים טכניים יחסית, כמו קריאה של אותיות דפוס. קשה עדיין לקרוא אותיות בכתב יד. אנשים מתעניינים, למשל, בבנית מערכת ראיה לכלי רכב עצמאי שיוכל לנוע לבד. בארה״ב פועלת תכנית מחקר גדולה ששותפות בה כמה



מהאוניברסיטאות הגדולות וכמה מהחברות הגדולות, המנסות לבנות יחד כלי רכב שבחזיתו שתי מצלמות טלויזיה, באמצעותן הכלי "רואה" את השטח בו הוא נמצא. תפקיד מערכת הראיה הזאת לכוון את כלי הרכב. המחקר נערך ליד דנור, קולורדו, שם כלי הרכב הזה מסתובב ומנסה להישאר בשבילים, לא להתדרדר לתהומות ולא להיתקל בעצים. מדובר במהירות של כ־8 קמ"ש והצליחו להשיג זאת. מדובר במשאית במשקל 6 טונות, עמוסה במחשבים הדרושים לעיבוד התמונות. בינתיים עוד לא הגיעו להישגים מרשימים, למרות שהכלי כבר נוסע שם. אני לא בטוח שהייתי רוצה להסתובב בסביבה כשהוא מסתובב שם, אבל הכלי אכן נוסע.

ומכאן לנקודה שמיכאל הזכיר, על ההבדל בין מוח לבין מחשב בנשא החסינות. המחשב נפגע הרבה יותר מהמוח. כאשר משווים את המוח והמחשב, ישנה הרגשה שדברים שהם קלים למוח, קשים למחשב, ודברים קלים למחשב קשים למוח. קיים הבדל מאד בסיסי, שמיכאל ניסה לגעת בו כאשר דיבר על אסרציאציות. לדעתי זכרון אסוציאטיבי, לפחות במובן הטכני הצר שבו אנחנו רגילים להשתמש במונח זכרון אסוציאטיבי, תופש רק חלק קטן מאד מהפליאה הזאת.

מיכאל הזכיר את הבנת הדיבור. בעבר ניסו לפתור את בעית הדיבור לצרכים מאד פרוזאיים. חברת AT&T למשל, רצתה להגיע למכשיר טלפון, שבמקום לחייג את הספרות, ניתן יהיה להקריא לו את הספרות. מדובר בסה"כ בעשר הספרות בין 0 ל־9, אך אפילו את הבנת הדיבור בתחום כה צר לא הצליחו למכן. לא ניתן בעזרת מחשב להכיר באופן אוטומטי את הספרות בין 0 ל־9 בצורה שתהיה משביעת רצון. בהגדרה משביעת רצון, הכוונה שזו לא תהיה מערכת מאד ספציפית שאם מאמנים אותה לאדם מסוים, בתנאים נטולי רעש וכו', היא תבצע את המוטל עליה. הרצון היה שהמכשיר יפעל בכל דיבור, אפילו של ישראלי שהגיע לניו יורק ומנסה לטלפן.

לזיהוי כזה, ובתנאי רעש, לא הצליחו להגיע. לעומת זאת יש כמובן דברים שלמחשב קל יחסית לבצע, כמו פתרון משוואות דיפרנציאליות, הכפלה של מספרים גדולים וכו', דברים שלנו בני האדם קשים מאד. מה מבצע במוח את הפעולות שכל כך קשות למחשב, בקלות, ולהיפך, קשה לומר. לדעתי, זו נקודה שחשוב להדגיש, כי ככל שעוסקים יותר בנשא התבונה המלאכותית, רואים יותר עד כמה הדברים הקלים לכאורה – קשים. למעשה אדם שלא עסק בבעיות אלה לא מעריך מה הקושי האדיר בתהליך הראיה? מה הקושי האדיר בפענוח דיבור? מה הקושי האדיר בשליטה על הזרועות שלנו? וכו'. כל הפעולות האלה קלות, אבל במחשב הן קשות מאד לביצוע. בכך אני מסכים עם מיכאל: אנחנו מחכים לניוטון, מחכים להארה. יש בין המוח למחשב הבדלים מאד רציניים, מאד בסיסיים, ואנחנו עדיין לא נמצאים על סף ההבנה שלהם.

צבי ינאי: אבל נניח שבטווח של זמן יגיעו לאיזה שהוא פתרון של יצירת קשר בין קטעי מידע רלוונטיים מסוגים שונים, ונניח גם שנמצא את האלגוריתמים לפיענוח בעיות הראיה. איך בכל זאת יהיה אפשר להגיע לאיזה שהוא פתרון או לאיזה שהוא תחליף לשאלת הנסיון וההתנסות שרוכש האדם במהלך חייו, מגיל מאד צעיר? ניסיון זה יוצר אצלו את עולם המושגים וגם את השכל הישר שלו?

ד"ר אהוד שפירא: בתחום הלמידה ע"י מחשב עסקו מתחילת ימיו של המחשב. ההצלחות הן קטנות יחסית, למרות שקיים מין דפוס היסטורי – הרבה מאד אנשים, שהיום אתה מוצא אותם בתחומים שונים ומשונים, כולל אני, שעוסק בתחום של חישוב מקבילי, עשו את הצעדים הראשונים שלהם בהתמודדות דוקא עם הבעיה של למידה ע"י מחשב: איך לפתח שיטות שמנסות לקחת פרטים, עובדות ונסיונות ולהכליל אותם בתאוריות, וכו'. במובן מסוים ברור לכל, שזה המפתח לדור הבא. זו המסה הקריטית שתגרום לפיצוץ האינטלקטואלי. ברגע שתהיה לנו האפשרות ללמד מחשב בקצב מהיר מהקצב בו אנחנו מתכנתים אותו, אזי יהיה לנו בן זוג או עמית אינטלקטואלי, שהוא לא רק מעמסה או כלי עזר פשוט אלא באמת עמית שביכולתו לעזור.

כאן הגישה של דניאל עמית והשותפים שלו, הראתה, בצורה מפתיעה אולי למי שנמצא בחוץ, הצלחות מאד יפות בלמידה ע"י מחשב בתחומים הספציפיים שהם התנסו, לעומת התקדמות עקב בצד אגודל בכיוונים היותר קלאסיים, הכיוונים הסימבוליים או הקיברנטיים, כפי שקראת להם, של למידה ע"י מחשב.

צבי ינאי: ברצוני להרחיב את השאלה: לא התכוונתי רק ללמידה מסודרת ומנוסחת על פי כללים, כוונתי היתה דוקא לאותו סוג של למידה שבני אדם רוכשים תוך כדי התנסות בדבר א', וממנו הם מקישים לדבר ב', ובכך הם חוסכים את הצורך ללמוד הכל מחדש.

ד"ר אהוד שפירא: התכוונתי לסוג הזה. אולי לא השתמשתי במינוח הנכון, אבל בהחלט זה כיוון שחקרו בו.

צבי ינאי: ואתה אופטימי בענין הזה? לדעתך אפשר להקנות למחשב גם את הנסיון העשיר הזה וגם את הקשר בין סוגי ההתנסויות השונות?

ד"ר אהוד שפירא: איני יודע אם אני אופטימי או פסימי, אמרתי שזה תחום שניסו אותו מהימים הראשונים של המחשב וההתקדמות בו היא מאד איטית, אבל לא בגלל בעיה עקרונית. אם יש לבני אדם שיטות שבאמצעותן הם מסיקים מנסיון, באמצעותן הם זוכרים נסיונות עבר ומקישים לנסיונות עתידיים, הרי את השיטה הזאת אפשר לייישם ע"י מחשב. אפשר למצוא את העקרון שלה, להתקין אותה במחשב סדרתי או מקבילי. אבל למצוא את השיטות האלה לא הצלחנו, מלבד בתחומים ספציפיים, בהם אכן הצליחו ללמד ע"י נסיונות כאלה ואחרים.

פרופ' דניאל עמית: ברצוני לספר משהו שקשור בכך, כי תשובה של ממש אי אפשר לתת. אין תשובה לענין האינטואיציות, בעיקר משום שאין לנו תיאור של התופעות. אנחנו פחות או יותר בימי הביניים. ברצוני לספר אנקדוטה על המערכות האלה, שאולי יכולה לשמש לנו גם כאות סיום.

לפעמים אתה מטפל במערכות המסובכות האלה, ופתאום אתה מופתע. הפתעה כזאת קרתה לפני עשרה ימים. בא אלינו אורח מאיטליה, מיגלי וירָאסורו, והוא הבחין בתופעה הבאה: יש אלגוריתם שבאצעותו מערכות מן הסוג הזה לומדות זכרונות. אתה חושף אותן לאינפורמציה, והן לומדות את הזכרונות. למעשה, למי שמכיר, זו השיטה הקלאסית של הפרספטרון. הן לומדות זכרונות כמו פרספטרון אולם שולפות מן הזיכרון בדינמיקה שאיננה של פרספטרון.

ואז התברר, וזו באמת הפתעה, שכשמלמדים זכרונות לפי השיטה הזאת, נוסף לזכרונות שנלמדים, נלמדים כזכרונות גם הדברים המשותפים לזכרונות. דהיינו, נלמדים זכרונות שהם למעשה מעין מייצגי מחלקות, מעין ממוצעים, מעין "הכללות" של האינפורמציות שניתנו למערכת ללמידה. זהו שלב אחד.

בדיעבד זה נראה מובן, מסוגלים לנתח ולהבין את סיבה. הדבר הזה התגלה כהפתעה בסימולציות, והיום אנחנו מבינים את התופעה באופן אנליטי. יחד עם זאת התגלה הדבר הבא: אם מתחילים לחבל במערכת, על ידי הריסת קשרים בין הנוירונים וכו', תחילה נעלמים הזכרונות שהם הפרטים. נשארים הזכרונות שהם מייצגי המחלקות. זאת מחלה ידועה. המחלה הזאת נקראת פרוזופַגנוזיה. מספרים על לורד סליסברי, שהיה ראש ממשלת אנגליה, שעמד על יד הכתר ושאל את העומד לידו: מי הצעיר הזה המחייך אלי כל הזמן? והשכן השיב: זה בנך הבכור, אדוני.

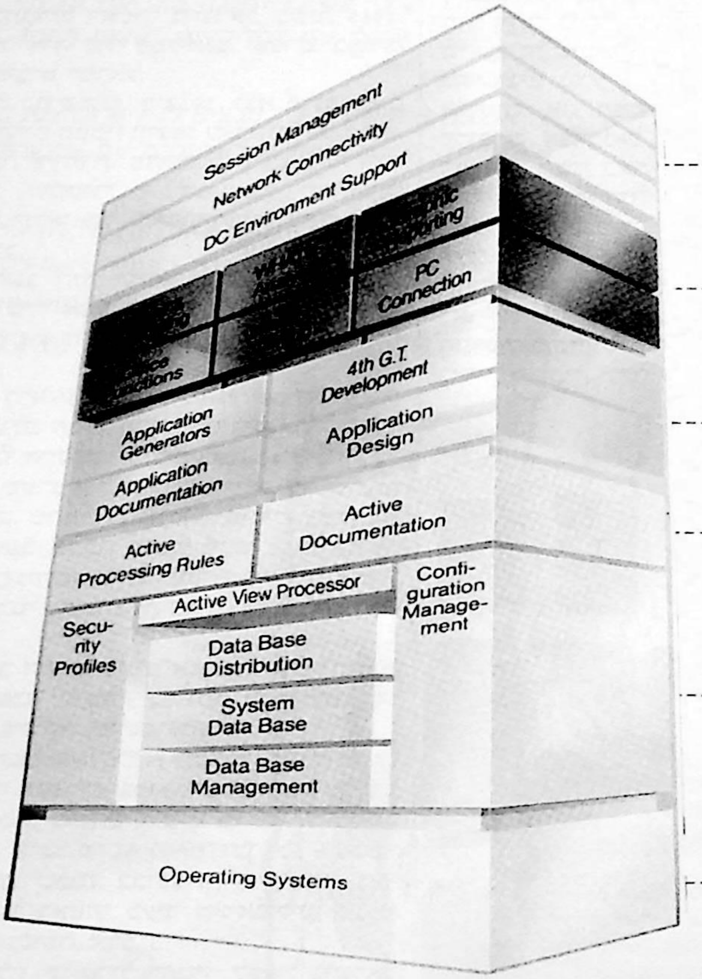
ז.א. ישנה מחלה שבה אנשים מתחילים לשכוח. הם מזהים קטגוריות, ואינם מסוגלים לסווג בתוך הקטגוריות. המילה פרוזופגנוזיה מקורה בשכחה של פנים. מכירים שזה גבר, מכירים שזה איש צעיר, מכירים שזו אשה, אך לא יודעים למי שייכים הפנים. מתברר שאנשים הסובלים מפגם זה, נתקלים בו לגבי סוגים רבים אחרים של אינפורמציה. את הפרטים הם שוכחים ואת הקטגוריות הם מזהים. ישנו זיהוי, זאת איננה אַגנוזיה, זאת פרוזופגנוזיה. והרשתות האלה פתאום מגלות תכונות כאלה.

צבי ינאי: ברצוני להעריך את כושר העמידה המוחי של כל הקהל שהאזין בקשב רב לחומר קשה למדי. אני מודה לכל המשתתפים ולמשפחת כהן.

בעולם ובישראל פונים ל־ADABAS/NATURAL
לפתרונות מיחשוב מתקדמים

ארכיטקטורת מערכות המידע של חברת Software AG מבוססת על טכנולוגיה מעשית מקיפה ומתקדמת המעניקה:

שילוב, פתיחות, פונקציונליות וביצועים
ISA
ארכיטקטורת תוכנה משולבת ופתוחה



תקשורת וממשק המשתמש

פתרונות ישומיים כלליים

מערכות לפיתוח ישומים

מילון נתונים מקיף

ניהול המידע

מגוון סביבות תפעוליות

ISA מעניקה למשתמש מגוון רב של פונקציות עיבוד נתונים מתקדם, מתוך סביבה אחת מקיפה ומשולבת.
...ניהול נתונים רלציוני, מודל ישויות, בסיסי ידע ומערכות מומחה, הנדסת־תוכנה־באמצעות־מחשב (CASE), כלים למשתמש קצה, ניהול טקסט חופשי, ביזור נתונים, מילון נתונים, טכנולוגיה מדור רביעי לפיתוח ישומים, שליטה ובקרה על משאבי המחשב ומערכת ההפעלה...

ADABAS ו־NATURAL – אבני היסוד של ה־ISA, שילוב הכלים הנפוץ ביותר בישראל (מעל 50 התקנות) ובעולם (מעל 3000), והפכו לשם נרדף לטכנולוגיות מתקדמות בניהול מידע.

ADABAS, NATURAL ושאר מוצרי ה־ISA, משווקים ונתמכים בארץ ע"י
SPL – בית התוכנה בעל המוניטין של מקצועיות ואיכות ללא פשרות.

SPL – רח' הירדן 29 רמת־גן. טל: 03-775111

כיצד הותקנו המחשבים הראשונים בישראל

שלושה סיפורים על מחשבים ואנשים בשנות ה־60, אהרון בחר, "קונטרול דאטה" ישראל

אלה הם סיפורי זכרונות, על מספר אנשים שהיו מחלוצי המיחשוב בישראל, בראשית שנות ה־60. היו אלה שנים בהם ידעו מעטים מהו המחשב ומה הפוטנציאל הגלום בו. היו אלה שנים בהן ייצרו מחשבים איטיים בהרבה מאלה שאנו מכירים היום.

ציון דרך ראשון בסיפורים אלה הוא ייסודה של "קונטרול דאטה" בישראל, בשנת 1965. המייסד היה דוד פמליאנט, שפרש באותם ימים מיב"מ ישראל.

3 שנים קודם לכן, ב־1962, יצא פרופ' חיים לייב פקריס ממכון וייצמן לארה"ב ורכש שם, בעיסקה מיוחדת, מחשב CDC1604. זה היה מחשב היסטורי – המערכת הראשונה ש"קונטרול דאטה קורפוריישן" ייצאה מחוץ לארה"ב.

המחשב הזה הותקן במכון וייצמן. הוא תוחזק בידי אנשי המכון בראשותו של יגאל מהרל, שכן לחברה טרם היה מערך תחזוקה מקומי.

מחשב ה־CDC1604 היה מהמחשבים הראשונים בעולם הבנוי מטרנזיסטורים. גודל הזיכרון שלו היה 32K מילים בנות 48 סיביות כל אחת. מערכת ההפעלה היתה על סרטים מגנטיים, שתמכה בקורא כרטיסים ובמדפסת TTY. אגב, במכון וייצמן ניבנה ופעל באותן שנים גם מחשב מייצור מקומי בשם "וויצאק", שהיה בנוי משפופרות עם מאווררי ענק לקירור.

המחשב החדש שימש את המדענים והחוקרים במכון וייצמן, במיוחד בחישובים של אסטרופיסיקה וסייסמוגרפיה.

ומנין השם CDC1604? מסתבר, שזהו סיכום של שני מספרים: 1103 – מספרו של מחשב UNIVAC, באותם הימים מייסדי "קונטרול דאטה" פרשו מ־UNIVAC. וכן 501 – מספר הבית בו שכנה, בכתובתה הראשונה, חב' "קונטרול דאטה" בעיר מיניאפוליס, שבמדינת מינסוטה, ארה"ב.

משהחלה "קונטרול דאטה" לפעול בישראל הגיעו עד מהרה ההזמנות הראשונות ב־1966. שנה לאחר מכן, בתום מלחמת ששת הימים, הוחל בהתקנת המערכות הראשונות מסדרת CDC3000.

בספטמבר 1967 הותקנו מערכות אלה אצל שני הלקוחות הראשונים של החברה – אוניברסיטת תל־אביב והתעשיה האוירית.

באוניברסיטת ת"א הותקן המחשב CDC3400, שהיה בו זיכרון טבעות בן 32,000 מילים, 48 סיביות כל אחת. מערכת ההפעלה היתה על סרטים מגנטיים ותמכה גם בקורא כרטיסים, במדפסות ובקורא סרט נייר. על הקונסול היה מותקן רם־קול שהיה משמיע מנגינות גרמניות ברגע שהפעילו את המחשב.

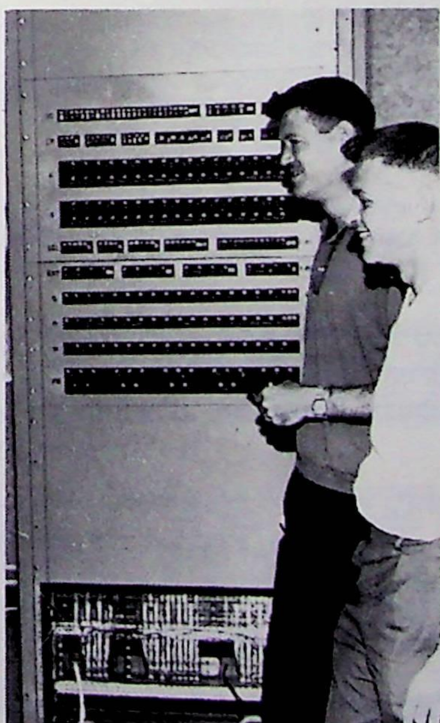
ולמה מנגינות גרמניות? מסתבר שהמחשב הותקן תחילה במכון מחקר גרמני לפני שנשלח לישראל, ומישהו חשב שם, שמנגינות כאלה ינעמו לאוזן השומע בארץ.

אך לא כך חשבו יורם רוזנפלד ויהודית קובץ, ממרכז החישובים של האוניברסיטה, הם תיכנתו את המחשב בנעימות שונות, מתאימות יותר, כולל "התקוה".

מחשב זה שימש את אנשי האוניברסיטה הן לחישובים מדעיים והן לעיבודים מינהליים דרושים. את המשתמשים האלה ייצג אז פרופ' ש. אברבנאל.

המחשב השני בארץ שנרכש והותקן בתעשיה האוירית היה CDC3300, עם מערכת הפעלה על כונני דיסק – חידוש גדול באותם ימים.

ההתקנה וההפעלה של המחשב לא היו דברים של מה־בכך. עמוס איטם, מנהל מרכז החישובים בתעשיה האוירית דאז, ניצב בפני בעיות סבוכות. היה עליו למצוא מקום מתאים, להכשירו לקליטת המחשב, לדאוג שכל המערכות שעבדו עד אז על מחשבי פילקו בממר"ם יוסבו ויעבדו כהלכה על המחשב החדש. נוסף לכל אלה היה צורך להקים ארגון שיפתח מערכות חדשות ויפעיל כהלכה את המחשב החדש.



לאחר חיפושים מצא עמוס איטם מקום – אולם מעל מוסך מטוסים (האנגר). מכיוון שלא היתה בו "רצפה צפה", נקדחו חורים בתקרת המוסך ובהם הועברו הכבלים אל המערכת החדשה.

באיזו מידה מילאו הכבלים את משימתם קשה לדעת. הסיבה – הם שימשו מאכל תאווה לעכברים והתוצאה היתה – צרות צרורות לטכנאי "קונטרול דאטה", בראשותו של דני נוימן.

לא פחות פשוטה היתה ההסבה של המערכות מפילקו ל־CDC3300. כדי שיהיה אפשר להפעיל את המחשב החדש מיד עם התקנתו, היה צורך לבצע את ההסבה לפני שהוא הגיע ארצה.

מכיון שלא היה בארץ מחשב דומה, מצאו טכנאי החברה פתרון – הסבה כפולה. קודם כל בוצעה ההסבה מפילקו למחשב יבמ בלשכת השירות של יבמ ואח"כ – למחשב CDC.

ההסבה נעשתה על תכניות קובול שניבנו כך שאפשר היה להשתמש בהן בפקודות מותאמות הן למחשבי יבמ והן למחשבי CDC.

בדרך זו, כאשר הותקן המחשב החדש בתעשיה האוירית, ניתן היה להפעיל את המערכות כמעט ללא צורך בהסבה נוספת.

זכות היוצרים ל"פטנט" ההסבה שמורה ליורנתן רוזן, ששימש באותם ימים יועץ לתעשיה האוירית.

מחשב ה־CDC3300 שימש את התעשיה האוירית במערכות המינהליות, בפיקוח על הייצור, בתמחיר ועוד. מכאן החשיבות הרבה שהיתה להפעלה המיידית של המערכת החדשה, כדי לתת ללקוח את המידע הדרוש לו במהירות ובצורה שוטפת.

לסיפור מעשה אמיתי זה היה המשך. כשנה לאחר אותה התקנה, רכשה התעשיה האוירית מכונות NC, הראשונות בישראל. עמוס איטם החל מחפש מערכת APT שבעזרתה יוכל לתכנת את ה־NC.

את הפתרון מצא במחשב CDC3400. ואז נחלצה לעזרתו אוניברסיטת תל־אביב והתקינה את המערכת הדרושה על המחשב כך, שמכונות NC הראשונות בתעשיה האוירית תוכנתו על המחשב של אוניברסיטת תל־אביב. שיתוף פעולה כזה לא היה יחיד, ובשנים שעברו מאז מצאנו לו דוגמאות רבות נוספות.

אבטחת PC זה אנחנו

בואו לפגוש אותנו בתערוכת איל"א
באולם בתי התוכנה.

אלישים מיקרו מחשבים בע"מ החברה המובילה בפיתוח
ושיווק מערכות אבטחה למחשבים, גאה להציג את שני
המוצרים החדשים שלה:

LOGSAFE™

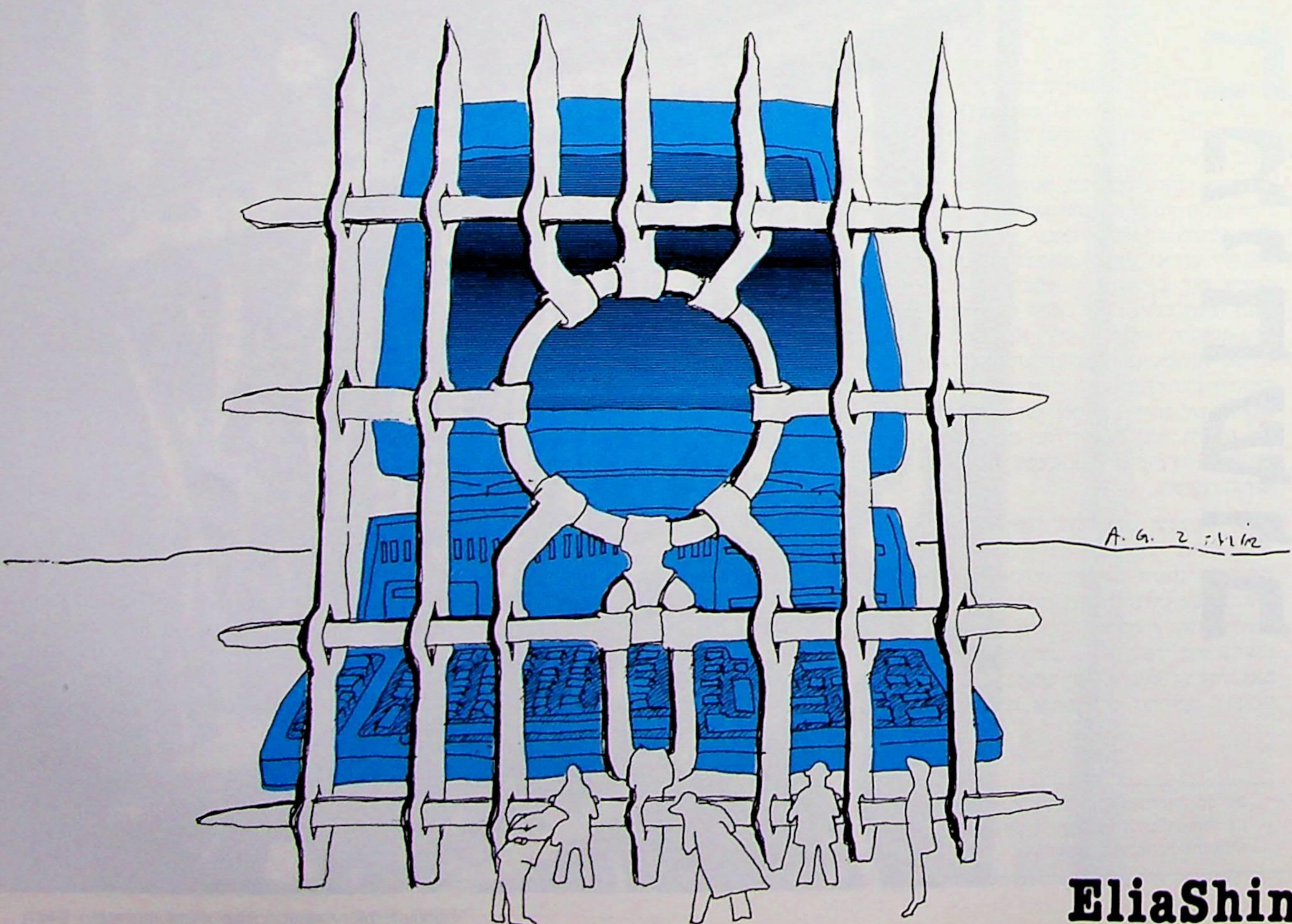
מערכת אבטחת גישה ומידור מבוקר למחשבי PC ותואמיהם.

- סיסמת גישה לכל משתמש.
- מחיצה פרטית לכל משתמש.
- הרשאות לכל משתמש, מבוקרות ע"י מפקח המערכת.
- רישום/כניסה/יציאה/פעילות של המשתמשים.
- דוחו"ת מפורטים בחתכים שונים.
- עמידות בפני ניסיונות פריצה ועקיפה.
- דיווח ניסיונות פריצה.
- בקרה מלאה ע"י מפקח המערכת.
- אופציית הצפנת מידע בזמן אמיתי לכל משתמש לפי מפתח אישי.

DATASAFE™

מערכת הצפנת מידע בזמן אמת.

- הצפנה מהירה בזמן אמת ב־MEMORY RESIDENT. מתחבר ועובד עם כל תוכנה וכל אפליקציה.
- כל קובץ שנוצר ע"י אפליקציה, מוצפן לדיסק באופן אוטומטי.
- אבחנה אוטומטית בין קבצים רגילים ומוצפנים.
- מפתח הצפנה ייחודי לכל מערכת עם אפשרות לתוספת סיסמה.
- שקוף לחלוטין למשתמש, לאפליקציות ולגיבויים.
- כל מערכת כוללת גם תוכנת הצפנת DES לנתונים חשובים, ומחיקה מוחלטת של קבצים מהדיסק.
- פיתרון לא יקר לבעיית אבטחת המידע שאין לה מחיר.

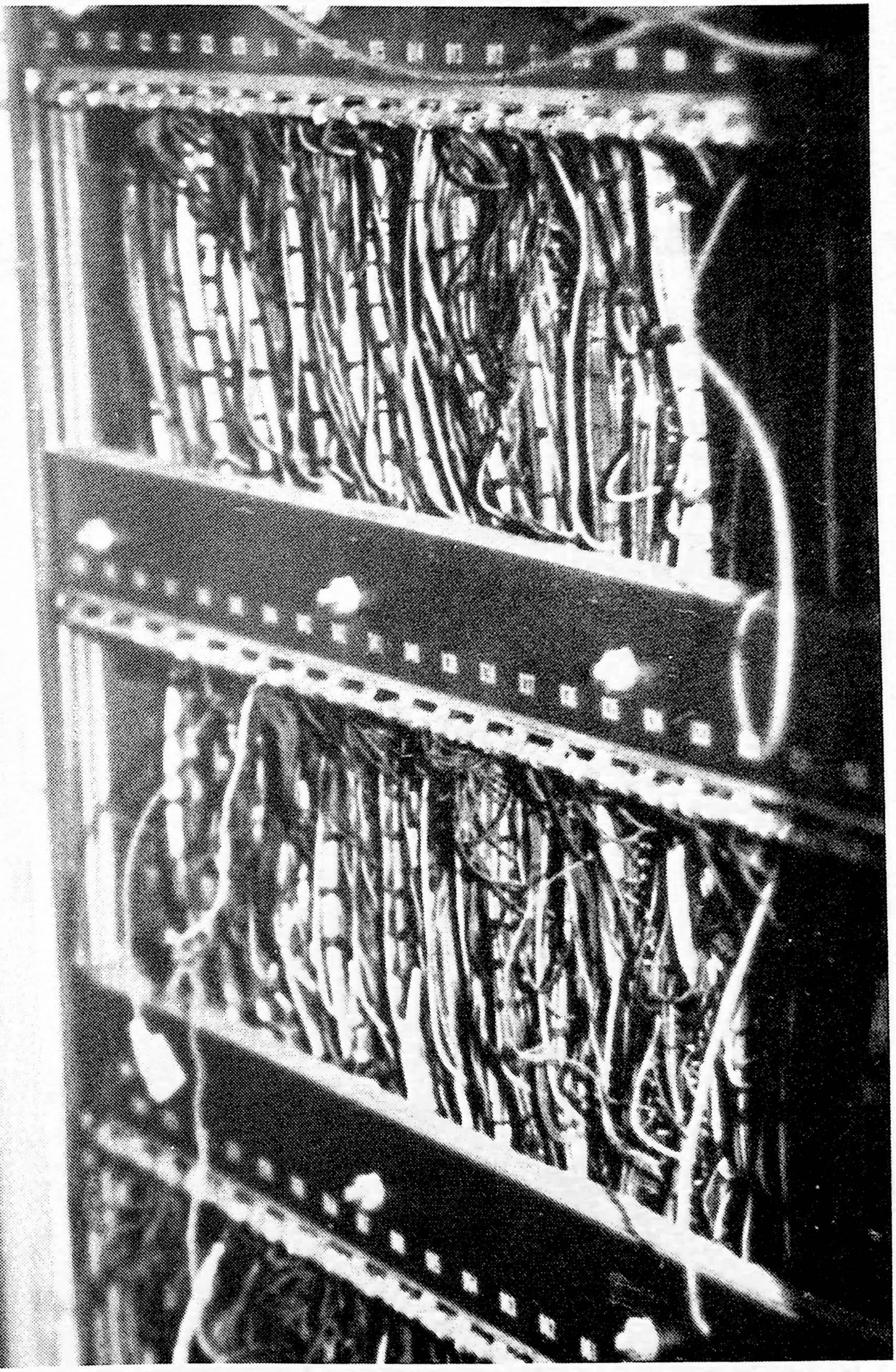


עיצוב: סטודיו זמיר

EliaShim
microcomputers
Software & Hardware Systems Ltd

אלישים מיקרו מחשבים בע"מ - מערכות חומרה ותוכנה, רח' כורש 2 חיפה ת.ד. 8691 טל' 04־523601, 514877 פקס. 04־528613

התפתחות המיחשוב



ואלה תולדות המחשב לדורותיו

המרכז לטכנולוגיה חינוכית, האוניברסיטה הפתוחה

הבונים הראשונים

"הצורך – אבי כל המצאה", טוען פתגם ידוע. ואמנם, הנקודה הראשונה שיש להדגישה היא כי מחשבים לא היו יצירה מלאכותית, פרי של השראה אמנותית או דרך לבטא אידיאלים אנושיים. הם היו, וכך יש לראותם, תשובה הנדסית לבעיות מעשיות ביותר. תולדות התפתחותם (וכפי שנראה, גם דריכתם במקום במשך תקופה מסוימת), שיקפו גם את דרגת התפתחותן של טכניקות הנדסיות.

תמיד אפשר לגלות אבות קדמונים לרעיון חשוב, הרחק בנבכי ההיסטוריה ככל שנרצה, כפי שנאמר: "להצלחה אבות רבים, הכשלון – יתום". בכל זאת, יהיה זה הוגן לראות את מכונת החיבור כקודמתו הטבעית של המחשב בן זמננו, ולתת לבלייז פסקל, ממציאה, את הזכות להיחשב כבונה המכשיר החשוב של הראשונה בסדרת המצאות־יצירות שהוליכה אל המחשבים שבהם אנו משתמשים כיום.

מכונת החישוב הראשונה: פסקל

בלייז פסקל (1622–1663), מתמטיקאי צרפתי מבריק אשר בגיל 16 כתב עבודת מחקר על קטעי חרוטים, מוכר לנו מחוק פסקל בהידראוליקה, ממשפט פסקל בגיאומטריה, וממשולש פסקל בקומבינטוריקה. מה הביאו לידי פיתוח של מכונת חיבור, דוקא? לו עצמו לא היו בודאי קשיים בפעולות חיבור, אולם לאביו היו. כך שמתוך אהבת בן את אביו, תכנן ובנה בלייז פסקל, בגיל 20, מכונה לביצוע פעולות חיבור וחיסור. אביו היה ממונה על גביית המסים, והמכונה של פסקל תוכננה במיוחד כדי לחבר ולחסר סכומי כסף. בדיקה מקרוב של איור 1 מראה שחלוקות המשנה של יחידה אינן "עשיריות" ו"מאיות", אלא "סולים" ו"דניירים", מטבעות צרפתיות של אותה תקופה.

אכן, העובדה שבצרפת באותה תקופה היו 20 "סולים" בפרנק ו־12 "דניירים" ב"סול" הקשתה מאוד על החשבונאים המסכנים. (אגב, מצב בלתי נוח זה, המונע את השימוש באלגוריתם העשרוני הסטנדרטי שבו אנו משתמשים לפעולות חשבוניות, היה קיים באנגליה עד לפני מספר שנים).

הרעיון המרכזי בהמצאתו של פסקל היה הדרך שבה הועברו ספרות מימין לשמאל, ובהגשמתו לא היה הכרח במבנה עשרוני. הרעיון היה שסיבוב מלא של הגלגל התואם ספרה מסוימת, יגרום לתזוזה של יחידה אחת בגלגל התואם את הספרה הסמוכה משמאל. וכך זכינו בתועלת בלתי צפויה מגביית מסים. המכונה של פסקל, שנבנתה על מנת לסייע בחישובים אנושיים, ובמיוחד כדי לצמצם טעויות אנושיות, הכניסה, בפעם הראשונה, מרכיב אוטומטי בפעולות חישוב. המכונה לא יכלה להתחרות במהירות החישוב באבקוס (חשבוניה) העתיק, כאשר זה הופעל על־ידי אדם מיומן, אולם החדירה רעיון מפרה שתוצאת פיתוחו הובילה למחשבים של היום.

בעל החזון: לייבניץ

אחד הגורמים שתרמו להתפתחותו המהירה של המחשב היא העובדה שרעיונות התכנון המרכזיים שלו מעולם לא נשמרו בסוד. מבנה המכשיר של פסקל, למשל, היה ידוע היטב לבני זמנו, והממציא בעל החשיבות שלאחריו, לייבניץ (1646–1716), העתיק את מנגנוני החיבור והחיסור מהמכונה של פסקל, אולם הרחיב את השימוש במכונה ע"י הוספת התקן לביצוע פעולות כפל וחילוק באופן אוטומטי. כיוון שטעויות חישוב אנושיות שכיחות יותר בפעולות כפל וחילוק מאשר בפעולות חיבור וחיסור, היה שכלולו של לייבניץ חשוב בהתפתחות החישוב האוטומטי.

אולם השפעתו של לייבניץ מרחיקה מעבר לזאת. למרות שהוא חי בזמן בו היה המדע המודרני עדיין בחיתוליו, חזה לייבניץ באופן ברור את מעמדו הדו־ערכי של החישוב במדע: מחד, אין המדע יכול להתקיים בלי חישוב; מאידך, החישוב הוא פעולה חוזרת על עצמה, משעממת ובלתי יצירתית. הבה נצטט אותו: "אין זה הולם שאנשים מחוננים יאבדו שעות כעבדים במלאכת החישוב, שאותה ניתן היה להעביר בנקל לכל אחד ואחד המשתמש במכונה".

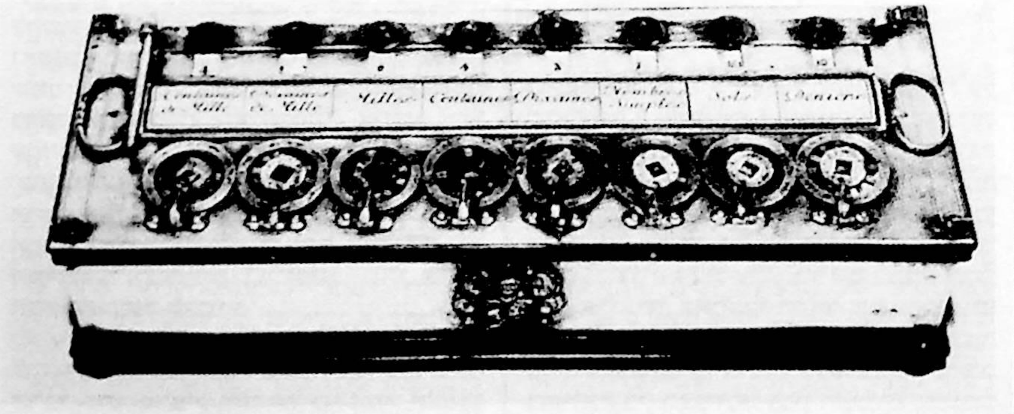
כדי שתוכל להעריך עד כמה הרחיק לייבניץ לכת בחזונו נזכיר שלייבניץ חי בשחר התפתחותו של המדע המודרני. על מנת להמחיש זאת, נציין כי האדם שאותו אפשר לראות כאבי המדע המודרני, גלילאו גלילאי, המייסד של השיטה הניסויית, מת באותה שנה שבה בנה פסקל את מכונת החישוב שלו (1642).

תמצית המדע היא לבנות מודל, לקבוע לפיו תוצאות, ולבדוק תוצאות אלה ביחס למציאות. המציאות היא השופט הסופי, הקובע אם לקבל או לדחות את המודל, כלומר את התאוריה שלנו.

במדעים המדויקים, המודלים הם מתימטיים, והתוצאות נקבעות ע"י חישובים מתימטיים. הגדרתו ועיצובו של המודל מצריכים יצירתיות והשראה. בדיקת תוצאותיו דורשת "איבוד שעות עבדים במלאכת החישוב".

מושג טוב יותר על חלוקת העבודה במדע נוכל לקבל מתוך קריאה זהירה של הדוגמה הבאה. היא נבחרה מן האסטרונומיה, שהיא אולי המדע העתיק ביותר, וגיבורה הוא יוהאן קפלר (1571–1630), אשר מת כאשר פסקל היה בן שבע, כך שנאלץ לבצע את כל חישוביו באופן ידני.

קפלר היה האסטרונום הראשון שהשתמש בתצפיות האסטרונומיות המדויקות שבוצעו ע"י טיכו בְּרָאהֶה. בשיא הקריירה שלו הוא התמודד עם הבעיה הקשה של קביעת הפרמטרים המדויקים של מסלול כוכב הלכת מאדים. הוא קיבל את ההנחה שרווחה אז שמסלולו של המאדים הוא מעגלי, ובחר בארבע תצפיות, מתוך רישומיו של טיכו,



1. מכונת החישוב של פסקל

* פורסם באדיבות האוניברסיטה הפתוחה, המרכז לטכנולוגיה חינוכית, מתוך הספר "מבוא לתיכנות ולהכרת המחשב".

שהספיקו על מנת לחשב את הפרמטרים של המסלול.

כיצד פועלת דוגמה זו של מחשבה מדעית? ישנו אוסף של נתונים רשומים: מידע הקובע את מיקומו של מאדים ברקיע, במועדים שונים בשנה, ובשעות שונות של הלילה. לגבי הצופה המקרי יהיה המסלול של מאדים ברקיע נתיב מורכב ובלתי ניתן לחיזוי. אולם לאחר אלפי שנים של מחשבה אנושית, עם תאוריות רשומות שהועברו מדור לדור, מתלמי ועד קופרניקוס, מנסה קפלר לבדוק, בעזרת נתונים שאין עליהם עוררין, שכל התצפיות תואמות מודל אחד של היקום, אשר בו כוכבי הלכת מקיפים את השמש במסלולים מעגליים.

אגב, המודל הינו משוכלל עד כדי כך, שאין השמש מצויה במרכזו של המעגל, אלא מוסטת מעט מן המרכז. אם התיאוריה נכונה, אזי אם נחשב את כל הפרמטרים המופיעים במודל על בסיס של ארבע תצפיות (שהן המינימום הדרוש) כל התצפיות האחרות חייבות להתאים למסלול המחושב.

ובכן, כאן מתחיל קפלר עם חישוביו. התהליך אינו דבר של מה־בכך משום שאין נהלים ישירים הפותרים את הבעיה. האלגוריתם למציאת הפרמטרים הינו איטרטיבי. כאשר כל חזרה מצמצמת את השגיאה, עד אשר מתקבלות תוצאות יציבות. החישוב הידני נמשך ארבע שנים(!), וחישוביו של קפלר, בכתב ידו הזעיר ממלאים 900 עמודים (!!).

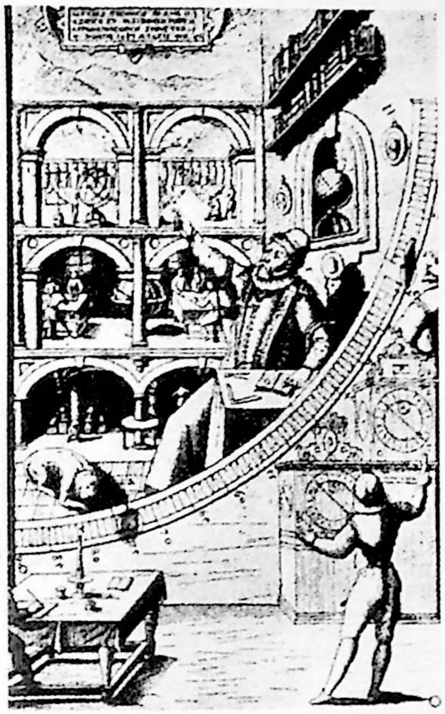
עם תום חישוביו, אחרי ארבע שנות עבודה, היתה לקפלר הזכות המלאה לנוח. אולם, הוא רצה, כמובן, לבדוק אם גם תצפיות אחרות מתאימות למסלול המחושב. הוא בחר בשתי תצפיות נוספות של טיכו, ועולמו חשך עליו. היה הבדל של כשמונה דקות של קשת (שמינית מעלה בקרוב), בין התצפיות לבין הערכים שנחזו ע"י התיאוריה. בזמנים קודמים, שבהם נעשו מדידות פחות מדויקות, או אפילו באותו זמן, כל אדם אחר שאינו בעל שיעור קומתו של קפלר, היה מייחס את ההבדל לשגיאות ניסוייות. אך לא כך קפלר; הוא ידע שמדידותיו של טיכו היו תקפות עד כדי דקה אחת של קשת, ואם יש הבדל בין המציאות לבין התוצאות שנחזו ע"י התיאוריה, הרי שהתיאוריה אינה נכונה ויש לדחות אותה.

וכך, אחרי ארבע שנות חישוב, מתחיל קפלר לחשוב ולפתח תיאוריה חדשה.

ואמנם, סוף טוב, הכל טוב: לאחר מספר שנים נוסף מגיע קפלר לתורתו המפורסמת בדבר המסלולים האליפטיים. אולם, אילו עמד לרשותו של קפלר מחשב מודרני, היה יכול להתפנות להפעלת כוחו היוצר לא אחרי ארבע שנות "עבודת פרך", אלא ביום בו החל את החישובים. זוהי תרומתם העצומה של המחשבים למדענים בני־זמננו, וזהו הדבר אליו השתוקק לייבניץ.

לא ניתן לסיים את סיפורו של לייבניץ מבלי להדגיש שחזונו לגבי מכונת חישוב היה הרבה יותר מעמיק מזה של בני זמנו, ובמובן זה הוא אבן המייסד של נושא זה. הוא הבחין באפשרות לפיתוח אלגברה של ההגיון, "שיטה כללית אשר בה כל אמיתות ההגיון יצומצמו למעין חישוב". למרות שלייבניץ לא השלים את פיתוחו של רעיון זה, יש להתייחס אליו כאל קודמו של בול (George Boole), ולפיכך כאל ה"סבא" של האלגברה הבוליאנית.

לייבניץ חשב שמכונת חישוב היכולה לטפל



2. טיכו בראהה ואחד ממכשיריו

ב"כל אמיתות ההגיון" תשים קץ למלחמות הדת שהחריבו את אירופה בתקופתו. עובדה זאת אינה מוסיפה לשיעור קומתו כמדען אך מוכיחה את אהבתו לאנשות.

תכנון המחשב הראשון: בבג'

ביצועיהן של מכונות החישוב שוכללו במשך 200 השנים באות, הודות להתפתחות טכנולוגיה רבת־היקף שאיפשרה את ייצורם של מוצרים רבים: החל בשעונים מדויקים וכלה במכונות מוזיקליות. אולם התכנון של מכונות החישוב קפא על שמריו.

הקפיצה האיכותית הבאה היתה פרי יצירתו של גאון אנגלי תמהוני צ'רלס בבג' (1771–1891).

כניסתו של בבג' לתחום החישוב נגרמה על ידי בעיות שהתעוררו בחישוב סוג מסוים של טבלאות אסטרונומיות הקרויות אפמרידות (ephemerides). טבלאות אלו היו בעלות חשיבות מרובה עבור ניווט בים הפתוח. הן כללו את מקומו בשמים של הירח בצהרי־היום ובחצות הליל עבור כל יום בשנה. טבלאות אלה היו האמצעי היחיד שבעזרתו ניתן לרב החובל לדעת באיזה קו אורך נמצאת ספינתו. קביעת קו האורך נעשתה ע"י עריכת השוואה בין תצפיותיו לבין הערכים שבטבלאות.

אמנם, המרכיב השני שנדרש על מנת לקבוע את מקומה של הספינה, קו הרוחב, חושב באופן בלתי תלוי, אולם ללא הטבלאות הנ"ל, לא היה ידוע קו האורך ולכן גם מקומה של הספינה.

חשיבותן של טבלאות אלה תבלוט עוד יותר אם נזכור שבתחילת המאה ה־19 גרמה המהפכה התעשייתית לשגשוג חסר תקדים במסחר הבינלאומי. מספר ממשלות הציעו ואף שילמו פרסי כסף גדולים למדי עבור חישוב טבלאות אלה.

הקושי בהכנת טבלאות אסטרונומיות נובע מכמה גורמים. החישובים המתמטיים הכרוכים בהכנתן אינן עניין של מה בכך, ובמקרים מסוימים, כמו בחישוב האפמרידות, אף קשים למדי. פירושו של דבר הוא שעל העבודה להיעשות על ידי כח אדם ב"רמה גבוהה". אולם מדענים אינם ששים לסוג זה של עבודה. בבג', בשעה שהציע את מכונת החישוב האוטומטית שלו, התייחס ל"עבודה הבלתי נסבלת והחדגוניות המעייפת" שבחישוב הטבלאות.

לנושא זה התייחס גם ג'יימס סי. מקסוול, מנסחן המפורסם של המשוואות האלקטרומגנטיות:

"רק לעתים רחוקות בא המוח האנושי על סיפוקו, ובודאי שאין הוא מנצל את כישוריו הגבוהים ביותר, כאשר הוא מבצע את עבודתה של מכונת החישוב. הדבר שאליו שואף איש המדע, בין הוא מתמטיקאי ובין אם הוא חוקר מדעי הטבע, הוא להשיג ולפתח רעיונות ברורים בנושאים בהם הוא עוסק. למטרה זו מוכן הוא לעסוק בחישובים ארוכים, ולהפוך למכונת חישוב למשך עונה אחת, אם על ידי כך יצליח לבסוף להפוך את רעיונותיו לברורים יותר".

יתר על כן, נוסף לקושי העבודה ולחדגוניותה, קיימת בעיה חמורה נוספת הפוגעת בטיבן של הטבלאות האסטרונומיות: הבעיה של טעויות־אנוש. השגיאות עלולות להשתרבב לא רק במהלך החישוב, אלא גם בזמן ההכנה לדפוס. שגיאות בטבלאות הינן מסוכנות מאוד בגלל האמון המלא שנותן כל אדם בטבלאות שבהן הוא משתמש. מהנדס או מדען המשתמש בטבלה כעזר חישובי יבדוק חזור ושנה את החישובים שעשה הוא עצמו, אולם יקבל ללא פקפוק את הערכים המופיעים בטבלה. אוי לו לרב־החובל שספינתו רחוקה מאות קילומטרים מן המקום שבו הוא חושב שהיא נמצאת, כתוצאה מטעות בלוחות האסטרונומיים!

טעויות בטבלה לא היו שכיחות עד כדי מניעת שימוש בה, אולם שכיחות דיין כדי לשכנע את הממשלה הבריטית בחשיבות הצעתו של בבג': לבנות מכונה אשר תחשב ותדפיס טבלאות באופן אוטומטי.

אחד מסיפוריו של בבג', המדגים את היותו משוכנע שאין כל אפשרות להימנע מטעויות אנושיות, שהן כפי שכתב "בטבעם של הדברים", מובא להלן:

"בשנת 1828 מסרתי בהשאלה לממשלה כתב־יד במקור שכלל טבלת לוגריתמים של סינוסים, קוסינוסים וכו', מחושבים לכל

שנייה של הקוואדרנט, על מנת להשוותה ללוח הלוגריתמים של טיילור – 1792, אשר מספר עותקים ניכר שלו היה ברשותם. באופן זה נתגלו 19 שגיאות, ורשימת התיקונים פורסמה באלמנך הימי לשנת 1832. תיקונים אלו אפשר לסמן כך:

19 תיקונים מן סדר הראשון... 1832

באחד מתיקונים אלה התגלתה שגיאה כך שבאלמנך הימי הבא אנו מוצאים:

תיקון לתיקונים אשר באלמנך משנת 1832....1833

אולם באותו תיקון עצמו מן הסדר השני הוכנסה שגיאה חדשה, גדולה יותר מכל אחת מן השגיאות הקודמות. בשנה שלאחר מכן (באלמנך משנת 1834) אפשר למצוא את התיקון להלן:

תיקון לתיקון (שפורסם באלמנך משנת 1833) לתיקונים שפורסמו בשנת 1832....1834".

בפעילותו המחשבתית של בבג' ישנן שתי תקופות, שכל אחת מהן תואמת התקן חישובי אחר. התקופה הראשונה שייכת ל"מכונת ההפרשים". זה היה מחשב למטרה מיוחדת, שהשתמש בשיטה מתמטית מסוימת, "שיטת ההפרשים", על מנת לחשב ולהדפיס את הטבלאות שכל כך התקשו להפיקן ללא טעויות. הממשלה הבריטית מימנה את המבצע, אולם התברר שהוא יותר קשה לביצוע מכפי שטען הממציא.

העבודה החלה בשנת 1823 ולאחר למעלה מעשר שנים, והשקעה ממשלתית (קרי הפסד) של 220,000 דולר, הופסקה העבודה. שתים הן הסיבות לכישלון: מחד, המכשיר דרש דיוק ותיחכום שהיו מעל הסטנדרטים של הטכנולוגיה בימיו; ומאידך, בבג', בשעה שעדיין נאבק להשלים את המחשב למטרות מיוחדות, כבר הגה רעיון חדש. בבג' הממציא איבד עניין ב"מכונת ההפרשים" אשר בבג' המהנדס היה בעיצומו של תהליך בנייתה, והקדיש את יתרת חייו, ללא הצלחה, לבניית מכשיר חדש שקרא לו "המכונה האנליטית". בשנת 1833 תכנן בבג' את המחשב האוטומטי הרב-תכליתי הראשון בבהירות ובדיוק כאלו, עד כדי כך שלא היה צורך בכל שינויים בו במשך 100 השנים הבאות. אכן זהו אישור לפתגם: "אויבו של הטוב הוא הטוב ביותר".

ב"מכונה האנליטית" (אגב, כמה מחלקיה שרדו עד היום) אפשר למצוא, בשמות שונים, את אותם המרכיבים המופיעים בתרשים של המחשב המודרני. בלשונו של בבג' כלל המכשיר:

זיכרון

ראשית: "המחסן" (store) שבו מאחסנים את כל המשתנים עליהם פועלים, וכן את התוצאות של הפעולות השונות.

יחידה אריתמטית

שנית: "הטחנה" (mill) אשר לתוכה מוכנסים הגדלים שעליהם עומדים לפעול.

בקרה

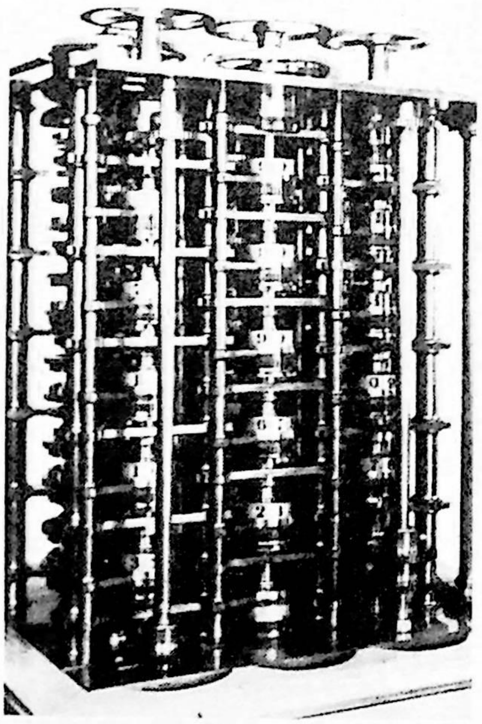
עבור יחידת הבקרה (control) וכן עבור הקליטה, שאל בבג' המצאה מוצלחת מאוד מתחום אחר: הלוחות המחוררים שפיקחו על הנולים של ג'אקארד, יצרן הבדים הצרפתי. הפריה הדדית זאת בין שטחים שונים, שהיא כה חשובה להתפתחות טכנולוגית, הביאה את מכונת החישוב הידנית לרמה כזאת של אוטומציה, שאפשר היה לבדוק, להשתמש, ולהשתמש בשנית בסדרות של הוראות בקרה.

תכניות, נתונים

הרעיון של יכולת החזרה על אותן הוראות שוב ושוב ללא טעות אנושית כתוצאה מעייפות, הוא רעיון מפתח בהקשר זה. יתר על כן, רעיונות כמו תכניות-משנה או שגרות, מופיעים כבר בכתביו של בבג'. אפשר להריץ את אותן התכניות בשינוי ערכי הנתונים, כדי להשתמש באותם האלגוריתמים עבור נתונים מספריים שונים. דבר זה יצריך רק את חירורם של הלוחות המתאימים לקליטת הנתונים מבלי לשנות את לוחות הבקרה.

פלט

הפלט יודפס ישירות ע"י "המכונה האנליטית" ובאופן כזה תימנענה שגיאות הנגרמות ע"י האדם בתהליך ההכנה לדפוס.



3. מכונת ההפרשים של בבג'

נצטט מזכרונותיו של בבג', כדי להראות את רמת הפירוט של מחשבתו:

"ידיד מצוין שלי, פרופסור מק-כולף המנוח מדבלין, דן אתי בשעת ארוחת הבוקר על יתרונותיה של המכונה האנליטית. לאחר שיחה ארוכה בנושא, הוא שאל כיצד תגיב המכונה אם, במהלך פעולות אלגבריות, תידרש לבצע פעולות לוגריתמיות או טריגונומטריות. תשובתי היתה שכל עוד תתקיים 'המכונה האנליטית', יהיו כל פיתוחי הנוסחאות מכוונים כך שהמכונה תוכל לחשב את הערכים המספריים שלהן בזמן הקצר ביותר האפשרי. ואז הוספתי שאם תשובה זו אינה מספקת, הכנתי אמצעים אשר בעזרתם, באותה מידה של דיוק, היא תוכל להשתמש בלוחות לוגריתמיים או בטבלאות אחרות.

הסברתי שעל מנת להשתמש בטבלאות, כמובן, יש צורך לחשבן ולחררן על כרטיסים באמצעות המכונה. אז ללא ספק הם יהיו נכונים. כמו כן הוספתי שכאשר המכונה תזדקק לנתון מטבלה, למשל ללוגריתם של מספר נתון, אזי יצלצל פעמון והמכונה תעצור את פעולתה. כשזה יקרה, יסתכל המפעיל בחלק מסוים של המכשיר, ויסיק שהמכונה זקוקה ללוגריתם של מספר נתון, נאמר של 2,303.

המפעיל יגש אז למגרה המכילה כרטיסי קרטון המייצגים את לוח הלוגריתמים שלו. מבין אלה הוא יבחר את הכרטיס הדרוש ויכניס אותו למכונה. לאחר שזה ייעשה, תוודא המכונה אם המפעיל סיפק את הכרטיס המתאים, כלומר את הלוגריתם של המספר הנכון. אם כן, המכשיר ישתמש בו וימשיך בעבודתו. אם לא, יצלצל פעמון חזק יותר והמכונה תיעצר. המפעיל יבדוק שוב את המכונה ויראה את המלים 'מספר שגוי', כך יגלה שהוא אכן מסר את הלוגריתם הלא-נכון, ויחליפו במספר הנכון".

למכונה האנליטית היה תכנון מפואר שהיווה דרישה רבה מדי עבור מכונה המונעת בקיטור (אלה היו השנים הראשונות להמצאת מכונת הקיטור של סטפנסון). בניית חלקי המכונה דרשה דיוק רב מדי, שהקדים את זמנו. היחידה האריתמטית, למשל, היתה מיועדת להכפיל מספרים בני 50 ספרות עשרוניות כל אחד, ולספק תוצאה בת 100 ספרות. חלומו של בבג' התגשם רק כעבור 100 שנה.

החלום שהתגשם: אייקין

ל"מכונת ההפרשים" של בבג' היה תכנון שהקדים את זמנו, כך שכאשר אייקין, בשנת 1937, בנה את המחשבה האלקטרומכני הראשון, לא היה צורך לשנות את התפיסה ששימשה את בבג'.

הווארד אייקין (Howard H. Aiken) מאוניברסיטת הרווארד, הצליח במקום שבו נכשל בבג', משום שיכול היה להשתמש במיכון לעיבוד נתונים מסחרי. מיכון כזה ענה על מרבית דרישותיו, וניתן להשגה ללא קושי.

כדי להתחקות אחרי מקורו של המיכון לעיבוד נתונים עלינו לחזור לשנת ה-80 של המאה הקודמת ואל בעיה מאוד מעשית: מיפקד האוכלוסין של ארצות הברית. הרמן הולרית (Herman Hollerith), שעבד אותו זמן בלשכת מיפקד התושבים, פיתח את רעיון השימוש בכרטיסים מנוקבים לצורך ייצוג תכונות שונות. בעקבות רעיון זה הוא תכנן ובנה את כל הציוד הדרוש לניקוב הכרטיסים, למיונם על פי תכונות, ולספירתם.

חודש אחד לאחר שהגיעו התשובות של

מיפקד התושבים לשנת 1890 ללשכת מיפקד התושבים, אפשר היה להציג את הסיכום המלא של ספירת אוכלוסית ארצות הברית. יתר על כן, מידע שלא ניתן היה להשיגו קודם לכן, הפך לסטנדרטי, וסייע רבות בקבלת החלטות של מדיניות.

סיפור ההצלחה של מיפקד האוכלוסין הזה השפיע במידה רבה על תולדות המחשבים גם מבחינה נוספת: הולרית עזב את לשכת מיפקד האוכלוסין ויסד חברה פרטית למכו־נות חישוב. חברה מצליחה זו שינתה את שמה והפכה, בשנת 1928 תחת ניהולו של תומס ג' וואטסון, לחברה הבינלאומית למכונות העסקיות, הידועה ברבים כ־IBM (International Business Machines).

ציוד עיבוד הנתונים הגיע לשוק נרחב בהר־בה מן השוק המדעי, ועובדה זו איפשרה השקעות גדולות בפיתוח ההנדסי ובייצורו. כאשר אייקן, בשיתוף פעולה עם IBM, תיכנן את המחשב המודרני הראשון, הוא יכול היה להסתמך על ציוד קיים במחירים סבירים, המסוגל:

א. לקרוא נתונים מכרטיסים מנוקבים (המכו־נים בדרך כלל כרטיסי הולרית או כרטיסי IBM).

ב. לבצע פעולות חשבון על מספרים נתונים, ולספק את התוצאות על גבי כרטיסים מנוקבים.

ג. להעתיק אל נייר את המידע המצוי על גבי הכרטיסים המנוקבים.

למעשה, חברת IBM סיפקה לאוניברסיטת קולומביה מערכת של מכונות סטנדרטיות, שהיוו את הבסיס למעבדת חישוב מוצלחת ביותר. יתר על כן: בשנת 1931 בנתה IBM במיוחד עבור מעבדה זו העתק של "מכונת ההפרשים" של בבג'. עתה נמשכה בניית המ־כונה שנה אחת בלבד.

מדיניותו של וואטסון ב־IBM שמה את הדגש על פיתוח יחסים לבביים עם אוניברסיטאות. כתוצאה מכך, סיפק לאייקן, באוניברסיטת הארוואנד, ציוד וצוות הנדסי על מנת להג־שים את חלומו הגדול של בבג'. הפעם נמשך ביצוע הפרויקט חמש שנים, ובשנת 1944 הגישה IBM לאוניברסיטת הארווארד "מחשב אוטומטי המבוקר ע"י סדרת הור־אות" (Automatic Sequence Controlled Calculator), שהיה ידוע ברבים כ"מארק 1". מארק 1 נבנה על בסיס של מימסרים אלקטרומגנטיים ותוכניתו הוזנה באמצעות סרט נייר מנוקב. הזמן הממוצע הדרוש לפעולת כפל היה 3 שניות. הצלחתו היתה קצרת־ימים מאוד. כבר בשעת בנייתו התברר שמהירותו לא תספק את הביקוש הממשלתי הגואה לסוג נוסף של טבלאות: טבלאות בליסטיות. את הטבלאות האלה, המספקות לתותחן את זווית הירי כפונקציה של המר־חק, צריך לחשב עבור כל צירוף תותח־תחמושת. פרמטרים נוספים הם כיוון ומהי־רות הרוח, ואפילו צפיפות האוויר (המשתנה בהתאם לגובה ולטמפרטורה). מעבדת המח־קר הבליסטי של ארצות הברית לא היתה מסוגלת להתמודד עם הדרישה לטבלאות אלה אפילו עם קבוצה של למעלה מ־200 מחשבים מסוג מארק 1.

עקב כך נתנה תמיכה לאוניברסיטת פנסיל־בניה כדי לתכנן ולבנות את המחשב האלקט־רוני הראשון.

התקדמותה היוצאת מן הכלל של ההנדסה האלקטרונית במשך מלחמת העולם השניה סיפקה את הרקע לבנית ה־ENIAC אשר עם 18,000 שפופרות הריק שלו צרך הספק של 140 קילוואט. הסרת תנועות מכניות מבי־צוע פעולות החישוב הכפילה פי 1000 את מהירותה של מכונה זו ביחס למארק 1. ENIAC הם ראשי תיבות של "Electronic Numerical Integrator and Computer" ובעב־רית: "מסכם מספרים ומחשב אלקטרוני". מחשב זה הכיל 70,000 נגדים, 10,000 קבלים, 6,000 מתגים. גודלו היה 30 מטר אורך, 3 מטר גובה, 1 מטר רוחב. נהגו לאמר שבכל פעם שהופעל ה־ENIAC התעממו האורות בפילדלפיה.

ה־ENIAC החל לפעול בשנת 1946 ופעל עד 1955. מתכנניו העיקריים, אקרט (J.P. Eck-ert) ומוצ'לי (J.W. Mauchly), קיבלו סיוע ממומחים רבים, אולם אדם אחד הנציח את זכרו בהיסטוריה של המחשבים – ג'ון פון נוימן.

התכנית המאוחסנת בזיכרון: פון נוימן

ג'והן פון נוימן (John von Neumann) מתמטיקאי הונגרי מבריק, צרף לתפיסתו של בבג' רעיון שהוא התרומה המשמעותית האחרונה בה נעסוק בסקירה קצרה זו של תולדות המחשבים. רעיון זה, של אחסנת התכנית בזיכרון, הביא לתפוצתם הרבה של המחשבים כיום.

חשיבותו של הרעיון נעוצה בזמן הנדרש לביצוע פעולה חשבונית. למארק 1 היה דרוש זמן של 3 שניות כדי לבצע פעולת כפל. כדי לקרוא את ההוראה לביצוע פעולת הכפל (יש לזכור שהתכנית הוזנה ע"י סרט ניר מנוקב), נדרשה לו (כמו עבור כל הוראה אחרת), עוד עשירית השניה. הזמן הכולל היה, אם כן, 3.1 שניות.

לפי הדוגמה דלעיל קל לראות שב"מארק 1", הזמן הנדרש כדי לקרוא את ההוראה הוא זניח. ב־ENIAC לעומת זאת, המצב שונה בתכלית. פעולת הכפל עצמה ארכה 3 אלפ־יות השניה. אך, באותה שיטת בקרה, יהיה הזמן הכולל 0.103 שניות.

מסקנה: פעולתו המהירה של ה־ENIAC, שיכולה היתה להקטין את זמן הכפל פי 1000, תגרום להקטנת הזמן הכללי אך ורק פי 30 (אם נישאר צמודים לאותה שיטת בקרה).

יתר על כן: במחשבים מודרניים זמן ביצוע פעולת הכפל הוקטן עד כדי 3 מיליוניות השניה. כל היתרון הזה היה הופך לבלתי מורגש לו היינו נשארים צמודים לשיטת הבקרה של Mark 1.

פתרונו של פון נוימן, היה לאגור את ההור־אות באותו סוג של מאגר פנימי בו השתמשו לאחסון הקבועים והמשתנים של התכנית. וכך, כל התפתחות נוספת במהירות הפעולה של מרכיבי המחשב תגרום לשיפור הביצו־עים של כלל המערכת.

בתכנית המאוחסנת בזיכרון יש יותר מאשר השפעה ישירה על מהירות הפעולה. הימצ־אות התכנית בזיכרון מאפשרת למחשב לשנות בעצמו את תכניתו. רעיון מהפכני זה מהווה את הבסיס של חישוב מודרני ותוצא־תו היפה ביותר היא קיומן של מכונות לומ־דות, כלומר, מכונות המשפרות את ביצועיהן לאור נסיונן, ללא התערבות אנושית.

פון נוימן פיתח את הרעיון מאוחר מדי מכדי שייכלל ב־ENIAC אך יורשיו של ה־ENIAC ה־EDSAC, ה־EDVAC, ואפילו ה"וואיצק" (או ה"גולם") שנבנה במכון ויצמן שלנו בשנת 1955, כוללים כבר את מימושו של



4. הציוד ששימש את הרמן הולרית במיפקד האוכלוסין

רעיון זה. כל המחשבים המוזכרים לעיל ראו־ יים לכן להיקרא "מחשבי פון נוימן".
בשנת 1946 פירסם פון נוימן את רעיונותיו במאמר שכותרתו "דיונים ראשוניים בתכנון לוגי של מכשיר חישוב אלקטרוני". שותפיו למאמר היו ארתור בורקס והרמן גולדשטיין. התפתחות המחשב יצאה נשכרת מכך שפירסום זה הפך את תפיסתו של פון נוימן לנחלת הכלל. כתוצאה מכך לא היה צורך לשלם תמלוגים עבור הרעיון המבריק על מנת שהחברה האנושית תפיק ממנו תועלת.

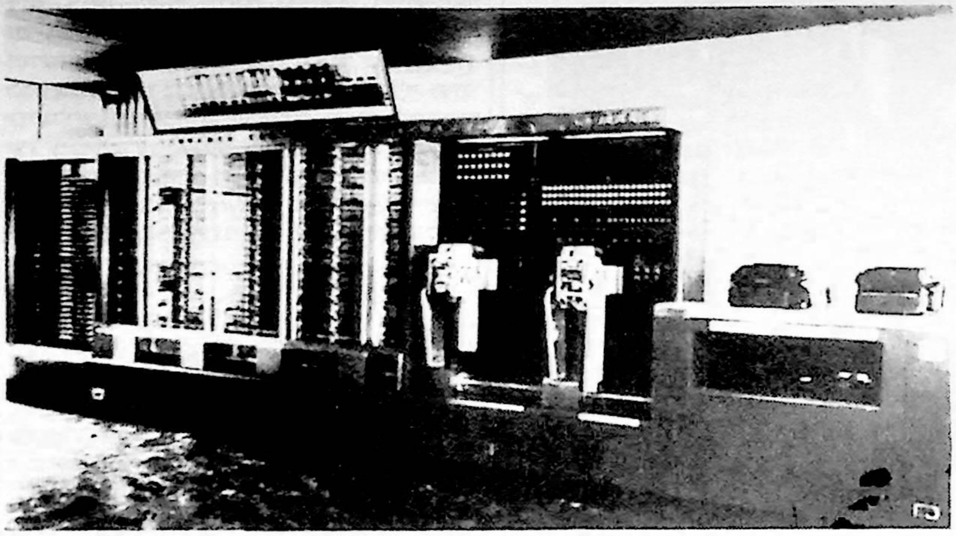
ציוני דרך בהתפתחות המחשב

איש לא יכול היה לחזות את הגידול העצום בעוצמתו של המחשב שהפכה לסימן ההיכר של זמננו. ובכל זאת, הערכה של צרכים חישוביים, שנערכה בסוף מלחמת העולם השניה, קבעה ששמונה (8) מחשבים אלקטרוניים יספקו את דרישות החישוב המדעיות של ארצות הברית (!)
לאמיתו של דבר, אל לנו להיות קפדניים מדי בביקורתנו על חיזוי זה; אילו היה נערך סקר בשנת 1903, לאחר טיסתם המוצלחת הרא־ שונה של האחים רייט, כדי לקבוע את הצורך במטוסים בארה"ב, איש לא היה חולם על מיליוני הנוסעים המוטסים כיום מדי שנה.

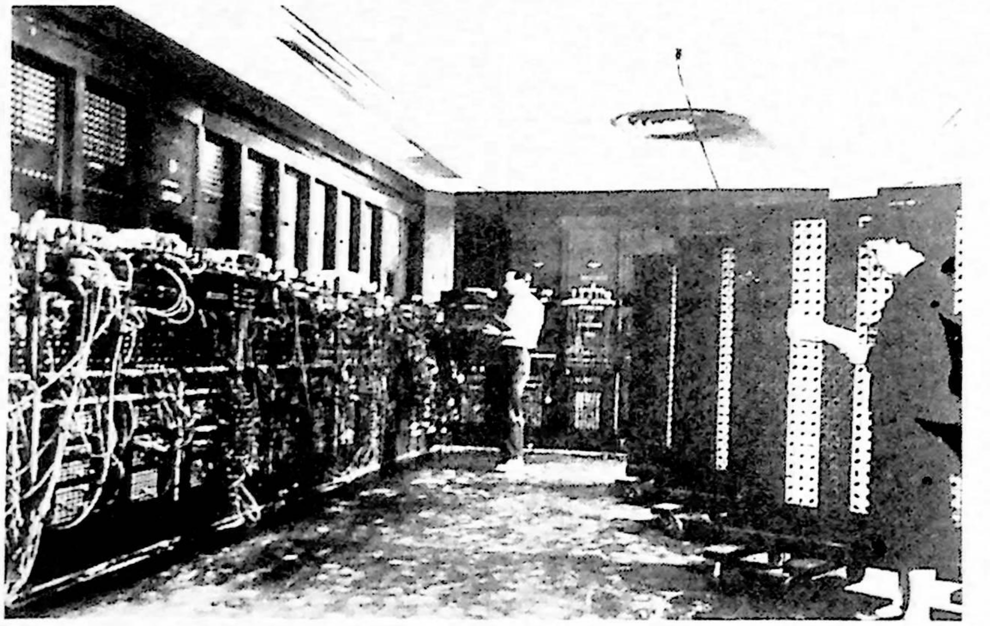
התהליך המאפיין המצאה מוצלחת הוא לול־ אה של היזון חוזר חיובי, שתכונותיה הן:

1. אנשים משתמשים בהמצאה.
2. ההכנסות מן השימוש בה מאפשרות שכלולים בתכנון.
3. שכלולים בתכנון מאפשרים שימושים נוספים.
4. שימושים נוספים גורמים להרחבת השוק, וכתוצאה מכך להוזלת המחיר.
5. מוצר טוב יותר, עם שיפורי תכנון, במחיר נמוך יותר, מושך יותר אנשים להשתמש בו.
6. חזור ל־2.

תהליך זה אינו ייחודי למחשבים, אולם הם מהווים מקרה קיצוני של התפשטות מואצת. השינויים כה מהירים עד ש"דור" חדש של מחשבים מופיע בשוק כל כמה שנים. דורות מחשבים דומים לדורות אנושיים בכך שכל דור הוא תולדה של הדור הקודם, אולם הם שונים מדורות אנושיים משתי בחינות, אחת משנית והשניה ראשית.
ההבדל המשני הוא שדור אנושי חדש מופיע כל שלושים שנה (תקופה זו נחשבת לזמן הממוצע בין הולדת ההורים להולדת הבנים), אך דור מחשבים חדש הופיע מדי שבע שנים. ההבדל העיקרי הוא שכל דור מחשבים חדש טוב יותר מקודמו.
השיפורים מדור אחד לבא אחריו באים לידי ביטוי בשלושה תחומים: **חומרה, תוכנה, ארכיטקטורה.**



5. המחשב: Mark 1



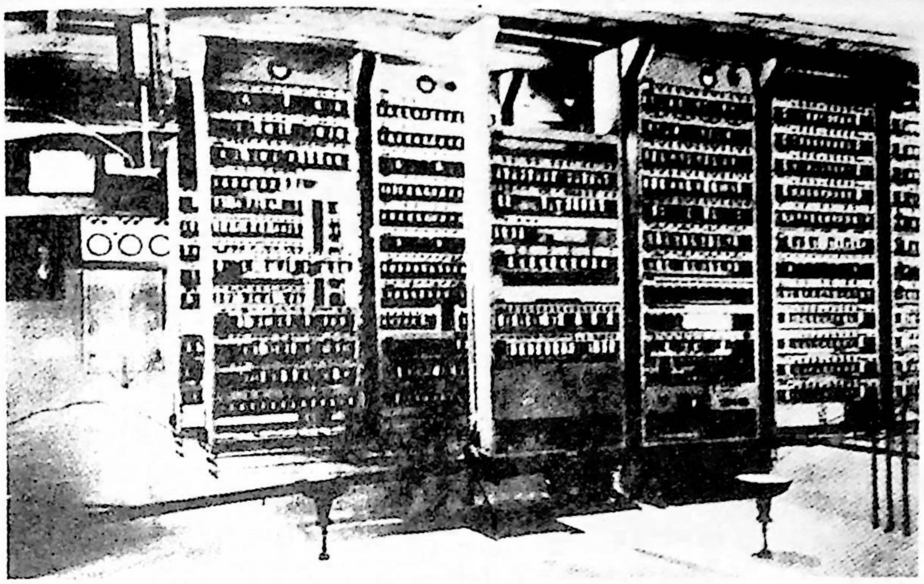
6. המחשב: ENIAC

חומרה מתייחסת למרכיבים הפיסיים ולשיפורים המורכבים מהגדלת מהירות העי־ בוד, מהפחתת זמן הגישה לזיכרון, מזיכרון גדול יותר, מנפח פיזי קטן יותר, מצריכת הספק חשמלי קטנה יותר, וכו'.

תוכנה מתייחסת לשפות תיכנות ולתכניות ההפעלה. שיפור בשטח זה פירושו שפות יותר "טבעיות" עבור המשתמש, תקשורת יותר קלה עם המחשב, אפשרויות נוחות יותר בבדיקת נכונות התכנית, כלים לשכלול התכנית או לשינויים בה, גישה לאמצעים בעלי עוצמה רבה יותר, וכו'.

ארכיטקטורה טובה יותר מנצלת את כלל המרכיבים הקיימים ובאמצעות ארגון מתו־ חכם יותר, מגבירה את תפוקת המערכת.

הערה: עגת המחשב משתמשת לעתים קרו־ בות במונח תפוקה כדי להתייחס לקצב התה־ ליך המבוצע ע"י מערכת המחשב. קיימת אפילו יחידה: MIPS, המודדת את התפוקה במיליוני הוראות בשניה (Millions of Instructions Per Second).
כתוצאה מהעובדה שפעולות שונות עשויות להימשך זמן שונה (לדוגמה, פעולת כפל אורכת יותר זמן מפעולת חיבור), ישנם הסכ־ מים הקובעים מהו הרכב הסוגים השונים של ההוראות בהן יש להשתמש כאשר מוד־ דים את המערכת ב־MIPS.
נתאר עתה את התכונות העיקריות של כל דור. כמובן שהתפתחות היא רצף של שינו־ יים, ואין אפשרות להציב קווי חלוקה ברו־ רים, אולם הסיווג אותו אנו מציגים יעניק מסגרת ממשית לניתוח השינויים שחלו בתע־ שית המחשבים במשך 30 השנה האחרונות.
המונח 'תעשיה' חשוב בהקשר זה, משום שהמחשבים המיוצרים על ידי מספר קטן של חברות, כאשר אחת מהן, IBM, מובילה בראש, מבטאים את שיא הטכנולוגיה התעשייתית בתקופת ייצורם. למעשה, עד



7. המחשב EDSAC – המחשב הראשון שכלל תכנית המאוחסנת בזיכרון – נבנה באנגליה בשנת 1949 [EDSAC - Electronic Delay Storage Automatic Calculator]

לפני כמה שנים היתה תעשית המחשבים תעשיה אמריקנית. יתר על כן: תעשיה זאת היתה מרוכזת במספר קטן מאוד של חברות. כמו במקרים רבים אחרים, השיווק היה חיוני להצלחה, והחברות ששלטו בשוק המסחרי של עיבוד נתונים לפני עידן המחשב, המשיכו בעליונתן בעידן המחשבים (יבמ, בורוז, רמינגטון רנד וכו'). לכן נתייחס למחשבים המסחריים כאל דוגמאות טיפוסיות של בני דורם.

דור 0: 1944–1950

נהוג לאפיין דור חדש בתולדות המחשב על ידי הופעת שיפור בולט שאפשר לכנותו "התופעה של הדור". תופעה כזאת התרחשה באמצע שנות השישים כאשר יבמ הציגה את מערכת 360 שלה, כתוצר ה"דור השלישי". ראשיתו של דור 0 היתה בשנת 1944, כאשר המחשב האמיתי הראשון, מארק 1, הופעל לראשונה.

בדור האפס עדיין לא יוצרו המחשבים בקו ייצור.(בדרך כלל כל מחשב היה תוצר של אחד בסוגו. בדור אפס, המרכיבים הבסיסיים היו ממסרים אלקטרומגנטיים (כמו במארק 1), או שפופרות ריק (כמו באניאק). מנקודת ראותו של המשתמש, הם היו מחשבים למטרות מוגדרות (הן מארק 1 והן אניאק נועדו לחישוב טבלאות), וקשים מאוד לתיכנות. ואמנם כתיבת התכניות נעשתה בשפת מכונה, כאשר שרשראות מספרים ארוכות מרכיבות כל הוראה.

אוצר ההוראות במחשבי דור אפס היה מוגבל מאוד והגיע בסך הכל לעשרים. אמנם מנקודת ראות תיאורטית, גם מספר מוגבל מאוד של הוראות מכונה די בו כדי לפתור בעיה מתימטית, אולם יעילות הביצוע של המחשב, ולכן גם תפוקתו, תלויות באופן בלתי אמצעי בסדרת ההוראות שהמחשב מסוגל לבצע באופן ישיר.

יחידה אריתמטית עשויה להיות מורכבת אך ורק ממעגלים המבצעים פעולת חיבור ומסוגלים למצוא את המשלים (לצורך פעולות חיסור) בלבד. בכל זאת, מחשב הכולל יחידה אריתמטית כזאת מסוגל לבצע גם פעולות כפל וחילוק, על־ידי פעולות חיבור וחיסור החוזרות ונשנות. ברור שאם המעגלים האלקטרוניים ביחידה האריתמטית מתוחכמים יותר, ומבצעים פעולות כפל וחילוק באופן ישיר, תגדל באופן משמעותי תפוקת המחשב.

המוצרים האחרונים של דור 0 כבר הפיקו תועלת מרעיונותיו של פון נוימן. המחשב הראשון שכלל תכנית המאוחסנת בזיכרון היה למעשה מוכן באנגליה כבר בשנת 1949 וכונה בשם "אדסאק". מחשב זה נבנה הודות לכך שהאמריקאים היו נדיבים מאוד, וסיפקו לעמיתיהם הבריטים כבר בשנת 1945 את כל פרטי התכנון של המחשב "אדוואק", שבו השפעתו של פון נוימן היתה מכרעת. המחשב "אדוואק" נמצא בתהליך של פיתוח במקביל לסיומו של ה"אניאק" והפיק תועלת מן הנסיון. ה"אדוואק", שהיה גדול מן ה"אדסאק" הושלם בשנת 1950 בביה"ס מור שבאוניברסיטת פנסילבניה, והועבר למשתמשים בו: מעבדות המחקר הבליסטיות באברדין. מחירו היה 467,000 דולר.

דור 1: 1951–1957

זהו הדור הראשון של מחשבים מסחריים. הטכנולוגיה שלהם עדיין מבוססת על שפופרות ריק, אולם מערכת ההוראות שלהם עשירה יותר – כמאה הוראות שונות.

בדור הראשון חל שיפור חשוב בחומרה: זכרון הטבעת המגנטית, שפותח על־ידי פורסטר ב־.M.I.T. הוא נבנה והופעל לראשונה בשנת 1953. המצאה זו איפשרה הגדלה עצומה של הזיכרון הפנימי (ממאות סיביות בדור אפס למיליוני סיביות בדור 2).

מבחינת התוכנה, פותחו שפות־סף כך שבכתיבת התכנית אפשר היה לתת שמות למשתנים השונים ולהשתמש בכתובות. התרגום לשפת המכונה בוצע ע"י המחשב. ניתנה תשומת לב להכנת ספריות של שגרות לשימוש כללי.

כזכור, מחשבי דור אפס נבנו באוניברסיטאות. לעומת זאת, מחשבי הדור הראשון, שהם צאצאיהם הישירים, נבנו בתעשיה. אקרט ומוצ'לי, לאחר שבנו את האניאק, עזבו את אוניברסיטת פנסילבניה כדי ליסד חברה משלהם. בשנת 1950 הם "נבלעו" על ידי חברת רמינגטון־רנד, כך שבשנת 1951 הופיע תחת שמה של חברה זאת המחשב החדש שבנו: UNIVAC - UNIVersal Automatic Computer (מחשב אוטומטי אוניברסלי). בשנת 1965, לאחר צירופים ומיזוגים נוספים, הפכה חברה זו להיות חברת ספרי־רנד. באותו זמן כבר הותקנו 15 מחשבי אוניוואק. כאשר הופיע האוניוואק (בשנת 1951) הוא סימל את שיא הטכנולוגיה באותה תקופה. יבמ מיהרה לסגור את הפער. באוקטובר 1951 עשתה חברה זאת צעד מבריק בשכירתו של פון נוימן כיועץ. צעד זה הוסיף למשאבים ההנדסיים של יבמ את הידע שהיה לפון נוימן על האניאק והאדוואק, נוסף להבחנתו החדה בין החיוני לבין הטפל בפיתוח מחשבים. בשנת 1953 חנכה יבמ את דגם 701 שלה, שכלל זיכרון המורכב משפופרות־ריק אלקטרוסטטיות, תוף מגנטי, וסרטים מגנטיים. ממחשב זה, הראשון בסדרת 700, נמכרו 19 יחידות.

מכירות במאות החלו עם דגם 650 של יבמ שכלל זכרון טבעות מגנטיות בן 60 מלים. הפופולריות של מחשב זה באוניברסיטאות אמריקאיות, יצרה מציאות חדשה: קהילה של משתמשים. לפתע אפשר היה להפיק תועלת ממאמצים משותפים של משתמשים – תועלת שהכפילה עצמה שוב ושוב הודות להיזון החוזר בין המשתמש והיצרן. אמנם שולם מחיר עבור תועלת זאת – סטנדרטיזציה בהתפתחות המחשבים – אולם לסטנדרטיזציה יש גם צד חיובי: מניעת התפתחות הדומה למגדל בבל. (אם כי יש הטוענים שהתפתחות כזאת לא נמנעה, לפחות לא בשטח שפות התיכנות, שמספרן כיום מגיע למאות).

דור 2: 1958–1964

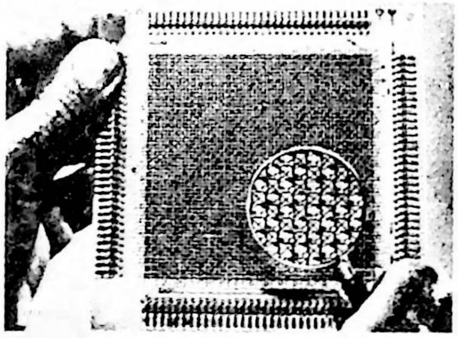
זהו דור הטרנזיסטורים, תחילת הטכנולוגיה של המצב המוצק. תוצאת החלפתם של שפופרות־הריק בטרנזיסטורים היתה הקטנת המימדים, צריכה נמוכה יותר של הספק חשמלי, ומעל לכל, אמינות גבוהה בהרבה. הציוד השתפר מבחינת מורכבות ההוראות שבהן היתה מסוגלת לטפל יחידת הבקרה, ובסטנדרטיזציה של זכרון טבעות מגנטיות בעל מהירות גבוהה. הזכרון החיצוני הפך אף הוא לחלק מוכר של המערכות, וכך נקבעה היירארכיה של סוגי זיכרון, מושג שחשיבותו גדלה עם פיתוחן של מערכות יותר ויותר גדולות. כך נולד המחשב הרב־תכליתי.

מבחינת התוכנה, אנו עדים לגידולה של אוכלוסית המשתמשים כתוצאה מהופעתן של שפות עיליות. ג'ון באקוס מ־יבמ פיתח

את השפה העלית FORTRAN (שם זה נגזר מהמלים: FORmula TRANslation).
שפה זאת איפשרה לראשונה למשתמש המדעי לרשום את אלגוריתם החישוב שלו בשפה מתמטית; את התכנית שנכתבה בפורטרן היה צורך לתרגם, על־ידי המהדר של שפת פורטרן, לשפת מכונה. המהדר הראשון של שפת הפורטרן, שהוכן בשנת 1957, נכתב עבור המחשב 704 של יבמ (השייך לדור הקודם).

כאן המקום להדגיש שעבור מחשבים שונים (כלומר מחשבים הכוללים הוראות מכונה שונות) יש להשתמש במהדרים שונים לתרגום מאותה שפת תיכנות. מהדרים של פורטרן נכתבו עבור כל המחשבים החשובים בדור 2 כמו יבמ 7090, פילקו 2000, וכן סי.די.סי 6600.
אגב: חברת .C.D.C (ראשי התיבות של Control Data Corporation), הופיעה בשוק המחשבים מאוחר, יחסית, אך הפכה לאחד היצרנים החשובים ביותר של מחשבים גדולים ומתוחכמים.
מנקודת ראותו של המשתמש אין חשיבות לכתיבת מהדרים. המהדר הינו חלק של המכשיר הנקרא מחשב וכמו המחשב הוא נמכר על־ידי החברה. חשובות הן העובדות דלהלן: תכנית הכתובה בשפת מכונה יכולה לשמש אך ורק מחשב מסוים. לעומת זאת תכנית הכתובה בפורטרן אפשר להריץ בכל מחשב המיוצר על־ידי כל חברה, בתנאי שבעבור אותו מחשב קיים מהדר מתאים בשפה פורטרן. עובדות אלה הצביעו על המסקנה ששפות עיליות, מהן פורטרן היתה הדוגמה הראשונה, עשויות לספק תקשורת כללית לחילופי אלגוריתמים חישוביים.
חשיבותה של מסקנה זאת היא אוניברסלית. בעקבותיה הושקע מאמץ נכבד ביצירת שפה משותפת לתיאור אלגוריתמים. זו אמורה היתה להיות ה"לטינית", או אם תרצו ה"אספרנטו" של העולם המדעי. לתפקיד זה יועדה השפה ALGOL. (השם נגזר מן המלים: ALGOrithmic Language). שפה זו הוגדרה בשנת 1960 על־ידי ועדה בינלאומית, שבה השתתף, כמובן, ג'ון באקוס. דומה שאין האנושות מוכנה לאידיאלים בינלאומיים. איש לא יתכחש ליתרונות ששפה בינלאומית כמו אספרנטו היתה תורמת לתקשורת המדעית, המסחרית ואפילו האישית הטהורה בין אנשי העולם. ובכל זאת, רק חלק זעיר מן האנושות יודע אספרנטו. (למעשה, שפות בינלאומיות היו קיימות בתקופות שונות, והעידו על עלייתן וירידתן של מעצמות שונות: לטינית, צרפתית, כיום אנגלית, ובעתיד מי יודע?). כאשר הוגדרה אלגול 60, השפה פורטרן כבר היתה קיימת מספר שנים. עובדה זאת וכן קיום אינטרסים מסחריים, היו מכריעים בהעדפת פורטרן לעומת אלגול.
לעומת המבנה הטוב יותר של אלגול, הכלים המעודנים יותר העומדים לרשות התכניתן, והאלגנטיות המתמטית בשפה זאת, עמדה העובדה שפורטרן היתה השפה של יבמ ועובדה זאת הכריעה את הכף. אפילו העובדה שהשותפים האירופים הסכימו (למעשה הם אפילו הציעו) שכל מילות המפתח והוראות האלגול יהיו באנגלית, לא גרמה לשינוי התוצאה. אלגול נשארה מקור השראה אך לא שפת תיכנות חיונית.

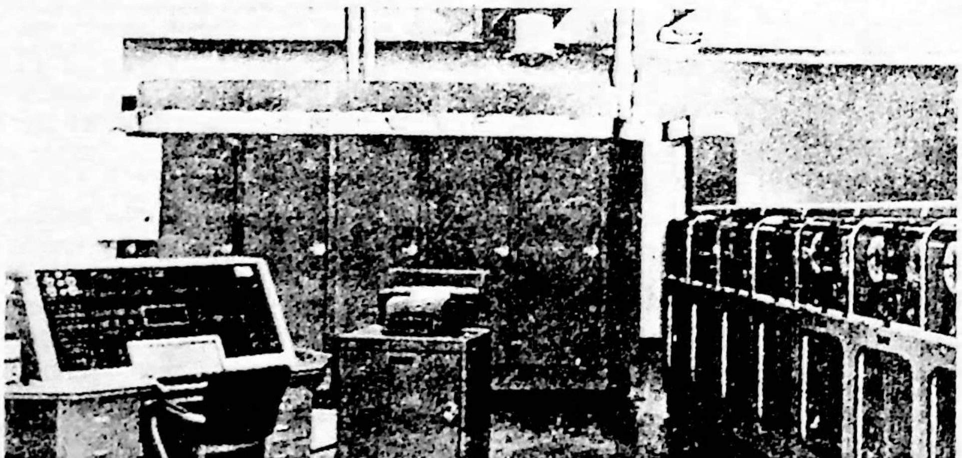
לעומת הכשלון היחסי של אלגול, בת תקופתה השפה COBOL (ראשי תיבות של Common Business Oriented Language) הוגדרה, הגיעה לסטנדרטיזציה, והפכה לשפה החשובה ביותר עד כה בתחום עיבוד הנתונים.
סיפור הצלחה זה ראוי ליתר פירוט: בשנת 1959, קבוצה של יצרני מחשבים (בורוז, יבמ, הוניוול, ר.ס.אי., ספרי־רנד וסילבניה) נפגשה בפנטגון עם נציגים של חיל־האוויר, חיל־הים, ומכון התקנים של ארה"ב, על מנת להגדיר את הבסיס של שפה לעיבוד נתונים. התוצאה היתה קובול, אשר מיפרטיה הראשונים הודפסו על־ידי לשכת הדפוס של ממשלת ארה"ב בשנת 1960.
קובול נכתבה בתחושה של חרום, ללא עיבוד מספיק, ומשום כך היו לתוצר הסופי נקודות תורפה אחדות. למעשה נמצאו בתהליך הכנה שפות תיכנות טובות יותר, בעלות אותה המטרה, ב־יבמ ובהוניוול. עם זאת, הצהירה ממשלת ארה"ב שהיא לא תרכוש או תשכור מחשב שאין לו מהדר קובול. זו היתה הצהרה מכרעת. קובול הינה, עם כל הסירבול שבה, שפת התיכנות הנפוצה ביותר בעולם.
למרות חולשותיה, כללה שפת קובול מרכיבים חשובים מאוד, בפרט מבחינת ארגון התכנית. היא הציגה שיטתיות במקום רבגוניות, ונהלים תקניים במקום תיכנות מתוחכם. דוגמה אחת מני רבות: המתכנת בשפת קובול נאלץ לתאר את האמצעים שבהם הוא משתמש. נהלים אלה, וכן העובדה שהשפה קובול מנוסחת באנגלית פשוטה מאפשרים למתכנת בשפת קובול להבין את תכניתו של מתכנת אחר בשפה זאת.
תכנית קובול מאורגנת בארבעה חלקים עיקריים הנקראים "חטיבות": "זיהוי", "אמצעים", "נתונים" ו"תהליך". רק החטיבה האחרונה: "תהליך" עוסקת באלגוריתמים שאותם יש לבצע.
חטיבת ה"זיהוי" מכילה נתוני זיהוי של התכנית ושל המתכנת, תאריך כתיבה, תאריך תרגום על־ידי המהדר, וכו'.
החטיבה "אמצעים" מתארת את האמצעים הנדרשים על־ידי התכנית. אמצעים אלה כוללים את סוג המחשב ואת יחידות הקלט והפלט.
החטיבה "נתונים" מתארת את מבנה הקבצים והרשומות בקלט ובפלט.



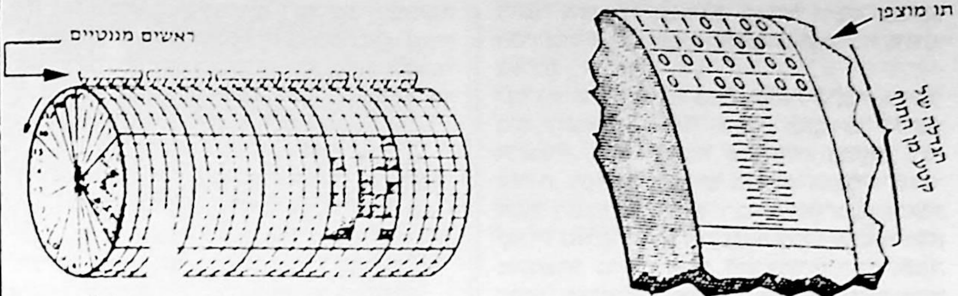
8. קטע מזיכרון טבעות מגנטיות



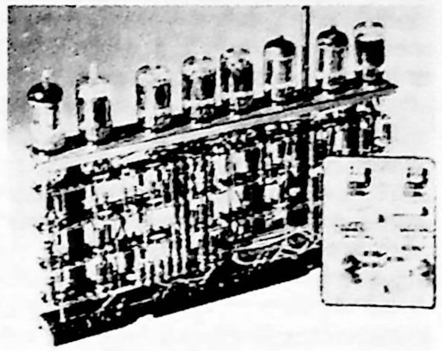
9. סרט מגנטי שהיה בשימושו של ה־UNIVAC



10. UNIVAC. המחשב התעשייתי החשוב הראשון



11. תוף מגנטי – זיכרון חיצוני פופולרי באותה תקופה. (תוף מגנטי מורכב מגליל מתכת מצופה בחומר מגנטי, המסתובב ללא הרף. הכתיבה/קריאה על גביו נעשית על ידי ראשים מגנטיים קבועים במקומם)



12. ההתפתחות הטכנולוגית מדור 1 לדור 2: שפופרות ריק (מאחור) לעומת כרטיס טרנזיסטורים (לפנים)

להתפתחות השפות העיליות היו שתי תוצ־אות חשובות וזאת אף הסיבה שבגללה העמקנו את הדיון בהן. התוצאה הראשונה היא ישירה – השפות העיליות איפשרו גידול עצום של מספר המשתמשים. לפתע, ניתן למדען לעבור קורס קצר, נאמר בפורטרן, כדי שיוכל לתכנת בעצמו את האלגוריתם הדרוש. כמו כן ניתן היה להכשיר אוכלוסיה גדולה של, נאמר, מתכנתי קובול, ללא צורך ברקע מוקדם, מתמטי או לוגי. התוצאה השניה היא עקיפה – המהדרים היו התכניות החשובות הראשונות שעסקו באלגוריתמים בלתי־מספריים.

כידוע, המהדר מתרגם תכנית הכתובה בשפה עילית (תכנית מקור) לתכנית בשפת מכונה. ללא ספק, התרגום הוא משימה יותר מתוחכמת מאשר ביצוע של פעולות אריתמטיות בלבד, והמהדרים פרצו את הדרך לשימושים בעלי יתר מעוף ודמיון במחשבים.

דור 3: 1965–1971

טכנולוגית המצב המוצק שאיפשרה שימוש בטרנזיסטורים לדור הקודם, צועדת צעד חשוב קדימה: שילוב של עד עשרה מרכיבים בודדים (טרנזיסטורים, נגדים, קבלים...) ובנייתם בתוך פיסה אחת (בגודל טיפוסי של פחות מ־0.2 סמ"ק).

הערה: פיסה (chip) הוא שם כללי לגוף הפיזי המכיל את המעגל המשולב.

טכנולוגית המעגל המשולב מאפשרת גם את הגדלת מורכבות המעגל, וגם את הגברת מהירות פעולתו. המרחק אותו חייב לעבור אות חשמלי מאלמנט אחד למשנהו במחשב עלול להיות גורם מגביל. אולם אפילו במהי־רות האור (שלוש מאות אלף קילומטר בשניה), הזמן הנדרש כדי לעבור שלושה מטרים הוא עשר ננו־שניות (ננו־שניה = 10^{-9} שניות). אם ניקח בחשבון שמשך הגי־שה לזיכרון מודרני מהיר הוא בסדר גודל של 100 ננו־שניות, יתברר עד כמה אנו קרובים למגבלות הפיזיות של החומר. מעגלים משולבים איפשרו איפוא, קיבולת זיכרון גדו־לה יותר ומחשבים מהירים יותר. הדוגמה המאפיינת דור זה היא סדרת 360 של יבמ.

בשלב זה הקדימה החומרה את התוכנה, אך התפתחות המחשב משלבת שכלולים בחומ־רה, בתוכנה ובארכיטקטורה, השזורים זה בזה. כדי לא לפגר אחר התפתחות החומרה פותחו שיטות לשימוש יעיל יותר באמצעים. הדוגמה הטובה ביותר של פיתוח משולב של תוכנה וארכיטקטורה בדור 3 ניתנת על־ידי מערכות של תיכנות (multiprogramming) מרובב ושיתוף זמן (time sharing).

דור 4: 1972–1978

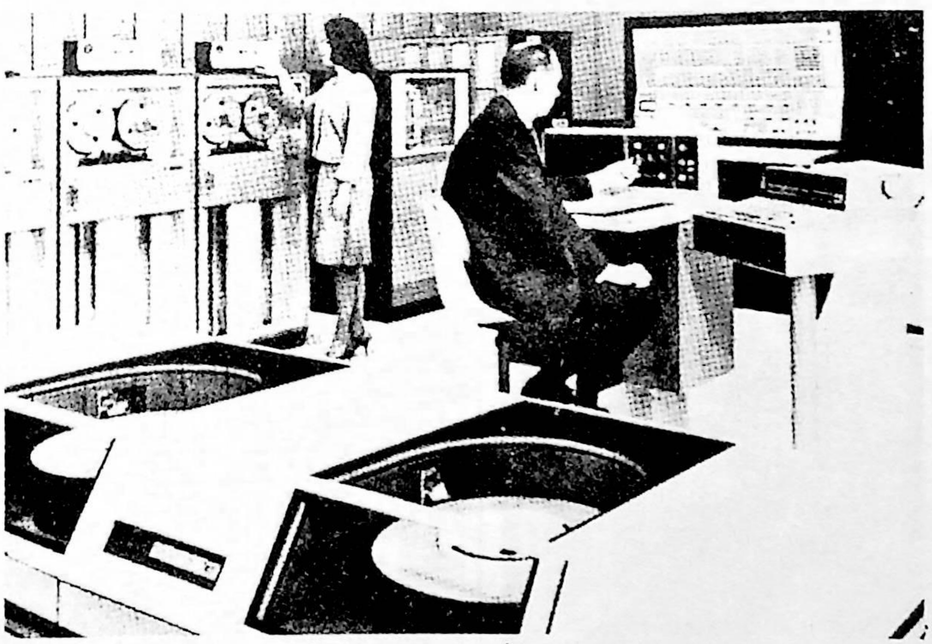
זהו הדור של היום. מבחינת החומרה המעג־לים המשולבים, שבדור 3 הכילו עד 10 רכי־בים כל אחד, התפתחו בדור 4 למעגלים משולבים בצפיפות בינונית (מ־10 עד 100 רכיבים בודדים לכל פיסה) ולמעגלים משול־בים בצפיפות גבוהה (למעלה מ־100 רכיבים בודדים לכל פיסה). התוצר הסופי של דור זה, והדוגמה המדהימה ביותר של שילוב זה, הוא פיסה אחת המכילה את הבקרה, את היחידות האריתמטיות, את האוגרים ואת החיבורים של המחשב לזכרון וליחידות היקפיות. פיסה כזאת נקראת מיקרופרוססור שמשמעותו מעבד זעיר. להמחשת המיניאטוריזציה, התבונן באיור 22 והשווה את המיקרופרוססור המוצג בו (למטה מצד ימין) עם תרשים התיפקוד (למעלה מצד שמאל) שלו.

מחירם הנמוך של המיקרופרוססורים הופך אותם למערכות בקרה יעילות ביותר. בבית: מערכות אזעקה, תנורים, ואפילו מקררים; ובמכונית: מצתים, מעצורים, קרבורציה, יהיו מבוקרים על־ידי מיקרופרוססורים.

השימוש בטכנולוגית השילוב בצפיפות גבו־הה עובר כל דמיון. הפיתוחים השונים נעשים בכל כיוון ואנו עדים לריבוי מדהים של סוגי מחשבים.

דוגמה למחשב העומד בשיא תהליך זה משמש ה־ILIAC IV, שנבנה על־ידי חברת "בורוז" לפי תכנון של אוניברסיטת אילינוי. מחשב זה כולל 64 יחידות עיבוד הפועלות במקביל. תפוקת כל אחת מיחידות אלה היא שני מיליון הוראות בשניה (2 MIPS), והמ־חיר הכולל של המחשב עולה על 10,000,000 דולר.

קיימת גם האפשרות לשלם 800 דולר ולהס־תפק באחת ממערכות המחשב שהופיעו במשך שנת 1978. מחשבי בית אלו כוללים לוח־מקשים, מצג וסרט (עבור אחסון חיצוני של תכנית ונתונים), ואפשר לתכנת אותם בשפת BASIC. את המיגוון הקיים כיום ממחישה תפוצתם של מחשבי הבית (שיא הפיזור) לעומת התשלובת של מחשבי ענק ברשת אחת (שיא הריכוזיות).



13. זכרונות חיצוניים – סרט מגנטי ותקליט מגנטי (התקליט המגנטי נקרא גם דיסק מגנטי, על פי המקור האנגלי: disk)

טכם – חברת התוכנה הגדולה בישראל

טכם – טכנולוגיה מתקדמת היא חברת התוכנה הגדולה בישראל. טכם היא חברה-בת של תדיראן ומונה למעלה מ-400 עובדים. לטכם חברה-בת בניו-יורק (ATI), העוסקת בשיווק מוצרי החברה בארה"ב ובביצוע פרויקטים שונים. בנוסף לארה"ב עוסקת טכם ביצוא למדינות נוספות.

חברה טכם פועלת גם בספרד באמצעות חברת הבת TIASA.

טכם, שנוסדה ב-1969, סיפקה במהלך שנות קיומה אלפי פתרונות לכל מיגזרי המשק בארץ, החל מתעשיה ומסחר, בנקים וחברות פיננסיות וכלה במערכת הבטחון על שלוחותיה השונות.

לקוחותיה של טכם מונים שורה ארוכה של חברות, גופים ומוסדות, בארץ ובחו"ל. בישראל נמנים על לקוחות טכם משרדי הממשלה, בנק לאומי, בנק הפועלים, מפעלי ים המלח, הסנה, מגדל, בזק, אל-על, התעשיה האוירית, התעשיה הצבאית, מוטורולה, פז, הבורסה לניירות ערך, אוניברסיטת תל-אביב, צים ורבים רבים נוספים.

לקוחותיה של טכם בחו"ל כוללים חברות וקונצרנים מהגדולים בעולם, ביניהם בואינג, בנק צ'ייז מנהטן, סיטיבנק, דיגיטל, פיאט, ג'נרל אלקטריק, יוז, ליר זיגלר, מריל לינץ', רוקוול ורבים נוספים.

טכם עוסקת בארבעה תחומים עיקריים:

* מערכות מידע.
* מערכות צבאיות ומערכות זמן-אמת.
* פיתוח ושיווק חבילות תוכנה מוכנות.
* שיווק ותמיכה במוצרים של בתי תוכנה אחרים.

עובדי טכם הם המובילים בתחומם בארץ. אנשי החברה מתמחים בתחומים שונים, ועובדה זו מאפשרת לחברה להקים צוותים מקצועיים לכל פרויקט, תוך ניצול מירבי של הידע והנסיון של חברי הצוות.

טכם מייצגת בישראל שורה ארוכה של חברות תוכנה מובילות בעולם. הדבר מאפשר לחברה ליישם בישראל, באופן מידי, את מיטב החידושים היוצאים לשוק בעולם הרחב.

מערכות מידע

פיתוח וישום פרוייקטים ומוצרים, בשטח מערכות מידע לניהול, נמצאות באחריותו של אגף שיווק ומערכות מידע. האגף מספק פתרונות כוללים ואינטגרטיביים לכל המיגזרים בשוק הציבורי והמסחרי. בתחום מערכות המידע פועלת טכם בשלוש מסגרות: יעוץ, ביצוע פתרונות כוללים ומכירת מוצרי תוכנה. במקרים רבים משולבות שלושת מסגרות אלו יחדיו.

טכם מספקת פתרונות בתחומים רבים ומגוונים: בקרת יצור, לוגיסטיקה, תקשורת, תמיכה בהחלטות, ניהול פיננסי, בנקאות, ביטוח, ניהול מוסדות חינוך, ניהול תקציב המדינה, מערכות מיסוי ועוד ועוד. במקרים רבים מספקת החברה מערכות משופרות תוך שימוש בכלים הפועלים בשפת דור רביעי.

בין השאר בנתה טכם פתרונות כוללים ומקיפים למיחשוב שורה של בנקים, מיחשוב הבורסה לניירות ערך, ומיחשוב חברות ביטוח.

בנוסף לאספקטים של המיחשוב הניהולי והפיננסי, עוסקת טכם גם במיחשוב היצור במפעלי תעשיה. הפתרונות התעשייתיים של טכם מבוססים על הגישות המתקדמות ביותר בתחום זה, ביניהן יצור משולב מחשב (CIM) ופרוטוקול מיחשוב היצור (MRP-II). טכם מסייעת למפעלים להגיע לבקרת יצור בזמן אמת, לאוטומציה מלאה, לבניית מערכי יצור גמישים ולישום רובוטים.

יעוץ

אגף שיווק ומערכות מידע כולל מומחים בתחומים רבים: ניהול פרויקטים, ניתוח מערכות, הנדסה תעשייתית, מדעי הניהול, חשבונאות, כלכלה, מדעי המחשב, תקשורת ושילוב מערכות חומרה ותוכנה. מאגר מקצועי זה מספק פתרונות ללקוחות בהתאם לצרכיהם ולמטרות העסקיות שלהם.

טכם מספקת שירותי יעוץ בתחומים הבאים:

* בדיקת דרישות.
* תכנון אסטרטגי לטווח ארוך.
* הגדרת מערכות, תכנון תצורה ובחירת חומרה ותוכנה.
* יעוץ במערכות פיננסיות.
* פעילות תעשייתית משולבת.
* תכנון וביצוע של מערכות ניהוליות.
* יעוץ למחלקות ענ"א.

ביצוע פתרונות כוללים

טכם מפתחת ומתקינה מערכות מידע מסובכות הפועלות על מחשבים מרכזיים (MAINFRAMES) ומיני-מחשבים. מערכות אלו משרתות גורמים מסחריים בשורה של ישומים. הפתרונות מסופקים כ-TURN- KEYPROJECT. טכם מבצעת פרויקטים רחבי מימדים במיגזרים שונים של המשק האזרחי וכן במיגזר הצבאי.

מחקר ופיתוח

טכם עוסקת במחקר ופיתוח של כלים מתוחכמים. בין השאר מפתחת החברה כלים להנדסת תוכנה (CASE). מוצרי החברה נחשבים למובילים בעולם והותקנו בשורה של קונצרנים, בארץ ובעולם.

בין הכלים המובילים בתחום ה-CASE, שפיתחה טכם, נמצאים המוצרים הבאים:

superCASE – כלי אינטראקטיבי לפיתוח תוכנה המשמש לתיכון, פיתוח, תיעוד ותחזוקת מערכות תוכנה. superCASE משמש, בין השאר, ככלי תמיכה של צוותי פרויקטים גדולים.

superPDL – כלי אינטראקטיבי לתיכון תוכנה המשווק ע"י טכם זה מספר שנים בישראל, ארה"ב ואירופה. כלי זה קדם ל-superCASE. ב-superPDL נעשה עד היום שימוש בפיתוח של עשרות פרויקטים.

CCMS – מערכת כוללת לניהול שינויי תצורה במהלך שלבי פיתוח ושלבי תחזוקה של פרויקטים לפיתוח תוכנה.

PM – מערכת למעקב וניהול אחרי התקדמות פרויקטים.

אגף מערכות צבאיות וזמן אמת

אגף מערכות צבאיות וזמן אמת נחשב למוביל בארץ בתחום זה. המערכות המפותחות על ידי האגף משלבות יחדיו חיישנים, כלי נשק, מחשבים וציוד תקשורת במטרה ליצור מערכות צבאיות מתקדמות.

אגף מערכות צבאיות וזמן אמת מבצע את כל שלבי הפרויקט: הגדרת דרישות המערכת, הגדרת ארכיטקטורת הפתרון, פיתוח המערכת, אינטגרציה, התקנה ותחזוקה.

מרבית הפרויקטים המבוצעים על ידי אגף מערכות צבאיות וזמן אמת הם מסווגים. להלן פרטים על אחדים מן הפרויקטים ששוחררו חלקית לפרסום ועל תחומי ההתמחות העיקריים של האגף.

מערכות פיקוד, בקרה ותקשורת (C^3I) – טכם מפתחת, יחד עם תדיראן, מערכת ניידת טקטית לפיקוד, בקרה ותקשורת עבור יחידות ארטילריה.

מערכות הגנה ושליטה אוירית – טכם השתתפה בפיתוח תוכנה למערכת הגנה אוירית עבור אחד הקונצרנים הגדולים בארה"ב העוסקים בתחום התעופתי.

לוחמה אלקטרונית – טכם פעילה בתחום מערכות מודיעין (קומינט ואלינט) נייחות ומוטסות. במערכות אלו מיושמים מחשבי מיני ומיקרו וציוד אלקטרוני יעודי לישומים צבאיים.

מפות שטח דיגיטליות – טכם פיתחה מערכת למפות שטח דיגיטליות המשרתת מפקדים וקציני מודיעין. המערכת – ששמה TERMINAL – מסייעת לאתר מקומות אופטימליים להצבת אנטנות ומערכות מכ"מ ולמיקום עמדות פיקוד.

מערכות אוויוניות – טכם פיתחה תוכנה עבור תצוגת תא טייס של מטוס קרב מודרני. המערכת כוללת תצוגה עלית (HUD) וצגים צבעוניים רב-תכליתיים לתצוגה של נתוני חימוש, ניווט ומידע טקטי.

מערכות מכ"מ – טכם פיתחה תוכנה למערכת מכ"מ מתקדמת. הפיתוח נעשה עבור חברה גדולה בארה"ב בתחום התעופתי.

בתחום האזרחי עוסק אגף מערכות זמן אמת, בין השאר, במיפוי עבור הסקטור הממשלתי ורשויות מקומיות. טכם צברה נסיון בטכנולגיות מיפוי מבוססות מחשב והיא מספקת כיום שירותי טופוגרפיה, קרטוגרפיה, מיפוי לצנרת מים, חשמל ורשתות תקשורת.

הנדסת תוכנה

תחום זה נמצא בטיפולו של אגף הנדסת תוכנה בטכם. האגף עוסק בשטחי הפעילות הבאים:

מתודולוגיות וכלים – מציאת דרכים חדשניות לפיתוח תוכנה ומערכות, תוך התמקדות במתודולוגיות הפיתוח ה"טריות" ביותר המוכרזות בעולם.

ניהול פרויקטים – אגף הנדסת תוכנה צבר ניסיון רב בפיתוח תהליכים וקווים מנחים לניהול פרויקטים, תוך פיקוח על ביצועם. האגף אף רוכש כלים מתאימים, במיוחד בתחום המערכות האוטומטיות לניהול ובקרה של פרויקטים.

אבטחת איכות – אגף הנדסת תוכנה אחראי על ישום הסטנדרטים הגבוהים של טכם בכל פרויקט.

הדרכה – טכם משקיעה רבות בתכניות הדרכה כדי לעדכן את עובדיה בכל החידושים הטכנולוגיים ולהרחיב את אופקיהם.

שיווק ופעילות בינלאומית

לחברת טכם פעילות הולכת וגדלה מחוץ לגבולות ישראל. הפעילות בארה"ב מבוצעת באמצעות חברת הבת ATI. חברה זו משמשת כזרוע המשווקת למכירת מוצרי החברה וכמבצעת פרוייקטים כדוגמת אלו המבוצעים בארץ. החברה התמחתה בביצוע פעולות הסבה שונות כגון הסבה למערכות הפעלה אחרות, הסבה לבסיסי נתונים אחרים והסבה לסביבת מחשב אחרת.

בספרד הקימה טכם חברה בשותפות עם גורם מקומי. החברה פעילה במגזרי השרותים ובתעשיה במכירת מוצרי תוכנה, שירותים ופרוייקטים בתוכנה. לאחרונה החלה פעילות גם במגזר הבטחוני.

בנוסף פועלת טכם במקומות שונים בעולם הן ישירות והן באמצעות חברות יעוץ, מכירת מוצרים והקמת פרוייקטים. החברה פועלת באיטליה, פורטוגל, ברזיל והמזרח הרחוק.

טכם
טכנולוגיה מתקדמת בע"מ


חינוך

מחשבים בחינוך בארץ – מנין ולאן?

ד"ר נירה חטיבה, ביה"ס לחינוך, אוניברסיטת תל אביב

חדירת המחשב לחינוך היא תהליך בלתי נמנע, בעקבות חדירתו לתחומי חיים רבים. ניתן לראות תהליך זה כשלב נוסף במסגרת הרצף של הכנסת טכנולוגיות מתקדמות לבתי הספר. מנקודת מבט זו בא המחשב לאחר הרדיו, הסרט, מקרן השקפים (ויוגרף) והטלביזיה. אולם יש המייחסים למחשב חשיבות רבה יותר בחינוך מאשר לכל המצאה או התפתחות טכנולוגית חשובה אחרת במשך המאה ה־20. מנקודת מבט זו מהווה המחשב חידוש טכנולוגי יחיד במינו המתרחש רק אחת לכמה מאות שנים והמקביל להמצאת הדפוס ע"י רוטנברג מבחינת האפשרויות הגלומות בו להכנסת מהפכה בחינוך. ואכן, מרבית המאמרים העוסקים בהכנסת המחשב לחינוך משתמשים במושגים כמו "מהפכה", "פוטנציאל עצום", "ציפיות" ו"תקוות".

הציפיות מהמחשב בחינוך היו שיתרום לפתרון בעיות קיימות, ושיאפשר השגת יעדים שהם חדשים לחלוטין משום שעד כה היה קשה להשיגם או משום שלא היו קיימים לפני עידן המחשב.

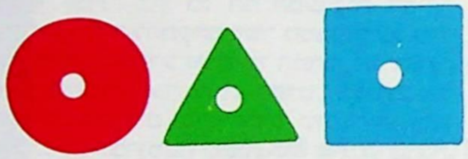
הבעיות הקיימות בחינוך נובעות בעיקר משני תהליכים: גידול מתמיד במספר הלומדים, והרחבה ניכרת בכמות ובהיקף הידע הכללי.

התהליך של אחוז גדל והולך של אוכלוסיות חלשות המצטרפות למעגל הלומדים בבית הספר גורם לכך שהישגי תלמידים רבים נמוכים מהנורמה הנדרשת ובעקבות זאת גדלה והולכת השונות באוכלוסית התלמידים. ההוראה במתכונתה הנוכחית דורשת ממורה יחיד להיות אחראי לבדו ללמידה של 30–40 תלמידים עם שונות רבה ביכולת ובמוטיבציה ללמידה, ברקע של ידע קודם, ובהרגלי וסגנונות למידה. אין פלא כי בית הספר במבנהו הנוכחי אינו מצליח לטפל כיאות בכל התלמידים. יש עדויות רבות כי האוכלוסיות החלשות ממשיכות להיכשל בבית הספר על אף המאמצים לקידומן, ויש טענות על אי קידום נאות של התלמידים המחוננים.

התהליך של "התפוצצות המידע" מציב לגבי תכנית הלימודים לא רק שאלות של אילו מדגמים מתוך ידע זה יש להקנות בבית הספר, אלא גם אילו כישורים יש להקנות ללומד כדי שיוכל לתפקד כמבוגר בעולם עתיר אינפורמציה וטכנולוגיה. המדובר בכישורי למידה עצמאית, פתרון בעיות, טיפול במאגרי מידע, שימוש בתקשורת אלקטרונית עוד.

אנשי חינוך מציעים מטרות שונות לשימושי המחשב בחינוך. יש המסתפקים בשיפור תהליכי ההוראה והרחבת מטרותיה בבית הספר כפי שהוא היום, ויש הדוגלים במהפכה – בשינויים מהפכניים בשיטות ההוראה ובתכניה ובעקבות זאת בתפקידי ובמבנה בית הספר.

את יישומי המחשבים בבית הספר ניתן לחלק לשתי תקופות עיקריות שנקבעו ע"י התפתחות החומרה – ממחשב מרכזי עם מסופים לעמדות מיקרו־מחשב.



הדור הראשון – שימוש במערכות שתף־זמן ללמידה או לתרגול יחידני: 1960–1980

הדור הראשון של מחשבים בחינוך לא יזם בעיקרו מהפכות אלא שאף לטפל בבעיה הבוערת של מתן הוראה מתאימה לאוכלוסיה עם שונות גדולה. בדור זה ניסו לשפר את השימוש במכונה כמורה פרטי לכל לומד בעקבות מכונות ההוראה שפיתח סקינר בשנות ה־50. זאת, ע"י יישום למחשב של שני עקרונות לאינדיבידואליזציה של הלמידה:

א. עקרון הלמידה המתוכנתת שהיתה שיטה מקובלת בשנות ה־60 וה־70 לאינדיבידואליזציה של הלמידה בעזרת חומר כתוב ופעלה כלהלן: לתלמיד הוצגה יחידת לימוד קצרה ובעקבותיה שאלות לבדיקת הלמידה. אם ענה התלמיד על השאלות באחוז מסויים של הצלחה ("הוכיח רמת שליטה מספקת"), הוא עבר לנושא חדש. אם לא עמד בדרישות, הוא "סועף" ל"מסלול מתקן" שהציג את התשובה הנכונה או את דרך הפתרון המלא.

ב. עקרון הגירוי־תגובה־חיזוק שדגל במתן "גירוי" בצורת שאלות הבוחנות הבנת חומר שנלמד קודם לכן, במתן "חיזוק" חיובי מתאים לאחר כל התרחשות של "תגובה" (תשובת הלומד) רצויה עד אשר מושגת רמת שליטה מספקת, ובמתן "עונש מתון" בצורת הורדת ציון, לאחר כל תגובה בלתי נכונה. תכניות המחשב שעוצבו לפי עקרונות אלה מכונות CAI – Computer Assisted Instruction

הדור השני – פריחת מגוון יישומים עם מיקרו־מחשבים: 1980 עד היום

לעידן המיקרו־מחשבים היה אפקט דרמטי על שימושי מחשבים למטרות חינוך. החל מתחילת שנות ה־80 הוכנסו מיקרו־מחשבים בקצב גובר לבתי הספר. שוב פרחו הציפיות ל"מהפכה" בתחום החינוך. זאת בזכות המחיר הנמוך יחסית של המחשבים החדשים, המהימנות, הניידות, האפשרות לשילוב צבע, צליל, גרפיקה מתוחכמת ואנימציות, החשיבות העולה עקב חדירתם לחיי יום יום, והתמיכה העולה של המורים בשדה. ההתלהבות היתה רבה ובעקבותיה התעוררה בארה"ב תנועה "מהשדה" לשילוב מחשבים בהוראה. במהירות קמו ארגוני מורים משתמשי־מחשב לספק תמיכה והדרכה, הורים עסקו בגיוס כספים לרכישת חומרה, מורים וחברות מסחריות החלו לכתוב תכניות מחשב ללמידה ("לומדות"), צצו תקופונים לענייני מחשבים בחינוך, ונערכו כנסים מקיפים ופעילויות שונות אחרות בנושאים אלה. הלומדות של הדור השני שונות מקודמותיהן באופני השימוש המיועד ובשילוב שהן עושות עם עקרונות משחקיים, קטעי סרטים, קסטות וידיאו, וידיאודיסק, ועוד. כל סוגי השילובים הללו אמורים להגביר את העניין והמוטיבציה בלמידה ולספק דרכי למידה יעילות יותר מחומר כתוב בלבד.

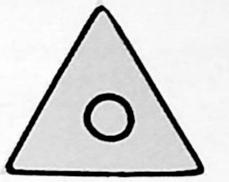
אופני השימוש במחשב במערכת החינוך

ניתן למיין את סוגי השימוש של המחשב בבתי ספר כיום לתחומים הבאים: שיפור שיטות ההוראה הקיימות בשימוש בלומדות "סגורות" (הלומד אינו יכול לשנות באופן משמעותי את מהלך האינטראקציה שלו עם החומר הנלמד או לבצע פעולות חקר עצמאיות), פעילויות חקר בתוכנות/לומדות "פתוחות" תוך כדי שיפור כשרי הלומד, למידת נושאים הקשורים במחשב עצמו, ומינהל חינוכי.

מרבית הלומדות הסגורות הן מסוג של למידה או תרגול יחידני עם דרגות שונות של ניהול למידה ממוחשב. יש המנסים לשלב

בתכניות CAI עקרונות של בינה מלאכותית ע"י חיקוי התהליכים הקוגניטיביים של הלמידה וההוראה. תוכנות כאלו אמורות לאפשר עדכון תגובות המחשב בהתאם לצרכי כל לומד וסגנון למידתו ואבחון מקורות לטעויות ואי הבנות בתהליך הלמידה, ומכונות ICAI: Intelligent CAI. שימוש שונה בלומדות (שהן בדרך כלל סגורות) הוא **הלוח האלקטרוני** המבוסס על מיקרו־מחשב יחיד המחובר לצג גדול הנמצא בחדר הכיתה. המיקרו־מחשב עם לומדה מתאימה מיועד להפעלה ולשימוש על ידי המורה בעת השיעור המתנהל בשיטת ההוראה הפרונטלית. המורה שולט בתכנית ומסתייע בה להצגת מושגים ותהליכים בצורה דינמית ומגוונת – לעריכת ניסויים ממוחשבים, לפתרון בעיות הדורשות חישובים מרובים ומסובכים, ולהראות מושגים חדשים בשיטות דידקטיות מעולות.

פעולות חקר בלומדות "פתוחות" יכולות ללבוש צורות רבות. ה"לוח האלקטרוני" יכול לשמש את המורה לחקור ביחד עם תלמידי הכיתה בעיות מעניינות ולנהל דיון כיתתי בפתרונן. שימוש **בהדמיה** (סימולציה) כ"מעבדה יבשה" מאפשר לחקור תופעות חברתיות ומדעיות, תופעות טבע, תופעות הסטוריות ואחרות. **המעבדה הממוחשבת** מבוססת על הפעלת המחשב לעבודה מעבדתית בנושאים מדעיים ע"י איסוף אמיתי של נתונים בעזרת חיישן וניתוחם, או הדמיה של ניסוי מעבדתי, או במסגרת מעבדה מתמטית המיועדת להקדשת חלק מלימודי המתמטיקה למשימות חישוביות שהן בעלות ערך רב בחינוך המתמטי של הלומד. ב"**עולמות זוטא**" מחקה המחשב תת־קבוצה של מציאות אמיתית או משוערת ע"י יצירת "סביבה לימודית" עם חוקיות מסויימת המאפשרת למידה תוך כדי פעולת גומלין עם הסביבה. באמצעות משחק והתנסות בעולם זה, חושף התלמיד את החוקים השולטים בו ואת השפעתם עליו ונעזר בהם כדי לשער השערות, לפתור בעיות ולחקור מושגים. **לוגו** הוא עולם־הזוטא הממוחשב הידוע ביותר וגם הנפוץ ביותר. לוגו היא שפת תיכנות הכוללת תפיסה חינוכית המבוססת על למידה דרך חקירה וגילוי, על תהליכי חשיבה מגוונים, ועל יצירתיות, והשמה את הדגש על האוטונומיה של הלומד. ההתפתחויות בשנים האחרונות מרחיבות את תחום המושגים הנלמד דרך לוגו ממתמטיקה למכניקה ורובוטיקה – פיתוח חדש של "לגו־לוגו" מאפשר להשתמש בחלקי הבנייה של משחק הילדים לגו לבניית רובוטים ומכונות שונות ולהפעילם באמצעות מחשב תוך מתן הוראות בשפת הלוגו. עבודה עם **תוכנות יישומיות "פתוחות"** מיועדת לתת לילד אמצעים פשוטים ואסטטיים להבעה ויצירתיות, תוך כדי סילוק הטרחה הטכנית הכרוכה בביצוע אותן פונקציות ללא מחשב. לדוגמה, התמלילן ומסד הנתונים אומצו והותאמו לצרכי החינוך ע"י צמצום מספר האופציות להפעלה המצויות בתוכנות המקצועיות. לקטגוריה של תוכנות יישומיות פתוחות שייכות גם תוכנות גרפיות המשמשות למטרות ציור ועיצוב, וגירסאות פשוטות של "עריכת שולחן" (desktop publishing) המשמשות לכתיבת סיפורים עם איורים, לעריכת עיתון בית הספר, או לניסוח ועריכה גרפית של מודעות וכרטיסי ברכה מעוטרים. **תקשורת בין מחשבים** באמצעות מודם מיושמת בחינוך ליצירת קשר עם ילדים או עם מאגרי מידע במקומות מרוחקים.



המחשב במינהל החינוך

הגישה המערכתית המיושמת לתחום החינוך רואה את בית הספר כמערכת שבה ההוראה היא רק אחת מתת־המערכות הקיימות. תת־מערכות נוספות הן: מינהל תלמידים, שירותים (בריאות, יעוץ), ניהול ספריה, תקציב, מלאי וכדו'. בין כל תת־המערכות הבית־ספריות חייב להתקיים קשר המבוסס על זרימת מידע. המידע זורם מן המרכז אל היחידות השונות, עד רמת הפרט, בצורה של תכניות לימודים, פרוייקטים שונים, הנחיות מינהליות וכדומה. קיימת גם זרימה בכיוון ההפוך, מן היחידות השונות אל המרכז בצורת דיווחים על הישגי תלמידים, ביצועים שונים וכדו'. יכולות המחשב לטיפול באינפורמציה הופכות אותו לכלי בעל פוטנציאל רב לסיוע במינהל החינוכי. היתרון בשימוש במחשב ברמת המערכת הוא בפוטנציאל לשיפור דרכי הפיקוח והבקרה ודרכי קבלת החלטות, בעזרת ניהול מאגר נתונים מרכזי המזרים מידע מעודכן לכל הכיוונים.

האוניברסיטאות היו הראשונות במערכת החינוך ליישם את המחשב למינהל. הפונקציות למינהל ממוחשב כוללות ניהול תקציבי, רשומות תלמידים, רישומי ספרים וכתבי עת בספריות, רישומי מלאי ודיווח על אספקה, חלוקת משאבי החדרים ועוד.

יש כיום תהליך הולך וגובר של מיחשוב המינהל הבית ספרי ברמות בי"ס יסודי, חטיבת הביניים והתיכון. הפונקציות של מינהל ממוחשב ברמות בי"ס אלה הן:

– ברמה בית ספרית – פונקציות דומות לאלו של המינהל האוניברסיטאי. בעיה חשובה שלא נפתרה עד היום באופן אופטימלי היא מיחשוב תכנון מערכת שעות ודבר זה נעשה עד היום באחוז גבוה של תכנון ידני.

– ברמת הכיתה – העברת מידע קבוע למורה על הישגי התלמידים ודרך התקדמותם. המחשב המוזן בנתוני תלמידים באופן שוטף יכול להמציא דוח מעקב שבועי לכל מורה על כיתתו. מידע זה יאפשר למורה להחליט החלטות פדגוגיות הנוגעות לכל הכיתה ולתלמיד היחיד. פונקציה אפשרית נוספת היא בניית מאגר פריטים מרכזי בתחום לימודי מסויים, המשחררת את המורה מהמטלה המורכבת של כתיבת מבחנים, העברתם בכיתה ובדיקתם. המורה יכול לשלוף מבחן מן המאגר, כאשר בידו השליטה על כמות החומר הנבחן ורמת הקושי של השאלות.

שני שימושים חשובים נוספים במחשב בקטגוריה של מינהל החינוך הם איבחון ומינהל למידה.

יישומי מחשב לצרכי איבחון

לכך שלושה טיפוסים עיקריים:

א. עיבוד נתונים מתוך מבחן: הבוחן מזין למחשב עם התוכנה המתאימה את תשובות התלמידים לשאלות (פריטי) המבחן בתחום תוכן מסויים. התנאי לשימוש בתוכנה לעיבוד נתוני מבחן הוא שניתן לקודד את התשובות. ז"א, המבחן יהיה מטיפוס רב־ברירה ("אמריקאי") או מטיפוס "פתוח" אולם כזה המאפשר לתת סימון מקודד לכל סוג תשובה. עיבוד הנתונים נעשה בכיוונים שונים – על ביצועי הלומד עצמו, על ביצוע כיתתי, על איכות כל פריט של המבחן, ועל איכות המבחן כולו. לדוגמה, המורה יכול לקבל רשימת תלמידים ממויינת מהחזק לחלש עבור כל פריט, רשימת פריטים מהקל אל הקשה (לפי אחוז המצליחים בפתרונו) וכדו'. עיבוד זה מקובל היום במבחנים פסיכוטכניים או פסיכומטריים. קיימות תוכנות המספקות עיבוד כזה לצרכי המורה בבית הספר.

ב. מבחן אדפטיבי: זהו מבחן המתאים עצמו ללומד תוך כדי ביצוע המבחן. על המבחן לבדוק תחום המוגדר לאורך סקלה אחת – הבודק יכולת אחת. מבחנים כאלה פותחו לראשונה בצבא ארה"ב לשם בדיקת היכולת של המועמד בצורה הטובה ביותר. יש דרגות שונות של גמישות למבחנים אדפטיביים. מבחן בעל גמישות גבוהה בנוי על התאמה דינמית ללומד. ההתאמה אינה נקבעת מראש אלא באופן רציף עם ביצוע המבחן.

ג. איבחון של שגיאות ושל תפיסות שגויות (misconceptions): היום מקובל שהיזון חוזר לתשובתו של תלמיד המציין רק את נכונות או אי נכונות התשובה אינו מספק ללמידה טובה. ההיזון החוזר הטוב ביותר הוא זה המזהה את סיבות או מקורות השגיאה, או את התפיסות המוטעות שגרמו לשגיאה, כפי שעושה המורה הפרטי האידיאלי. במסגרת יישומי בינה מלאכותית ללמידה נעשו מספר קטן של נסיונות לפיתוח תוכנות מחשב לזיהוי תפיסות מוטעות במתמטיקה. הידועה שבהן היא תוכנת Debuggy שפותחה במעבדות המחקר של חברת Xerox בקליפורניה, המיועדת לאיבחון טיפוסי שגיאות בחיסור של מספרים שלמים.





נוסטלגיה

סיבה מצויינת לרכוש מיני מחשב

למרבה הצער, גם הסיבה היחידה. אם אתה חובב נוסטלגיה אך מעדיף על פניה נוחות בתפעול, קלות באחזקה, ביצועים משופרים, תקשורת זורמת ומחיר נמוך ב־50% אין ספק שתעדיף רשת תקשורת מקומית (LAN) של מ.ל.ל.

NOVELL

רשת תקשורת מקומית

וזו רק ההתחלה...

מערך מחשבי P.C. ברשת תקשורת מקומית יעניקו לארגונך עוצמת מחשוב אדירה, המקבילה לעוצמתם של מיני מחשבים גדולים.

בדוק והשווה

- ☑ **מערכת הפעלה** – MS DOS
- ☑ **מיגוון תוכנות** – עשרות אלפי תוכנות
- ☑ **מחירי תוכנה** – עשירית ממחירי תוכנה למחשבי מיני
- ☑ **כלי תוכנה** – כל המחוללים העובדים על P.C
- ☑ **אבטחת נתונים**– מלאה
- ☑ **קלות הפעלה** – כל משתמש P.C
- ☑ **סביבה תפעולית** – שולחן העבודה שלך
- ☑ **צורך באנשי מקצוע יקרים** – אין
- ☑ **תקשורת** – מלאה לעולם X.25, TCP/IP, MAC-Os, OS/2, UNIX, V.M.S, S.N.A.
- ☑ **נפחי דיסקים** – 2GB לשרת (אין הגבלה למספר השרתים)
- ☑ **גמישות בגידול** – ללא הגבלה
- ☑ **מערכת אל-כשל** – מלאה
- ☑ **מחירי חומרה** – 30%-50% ממחירי מחשב מיני מקביל
- ☑ **דמי אחזקה חודשיים** – עשירית מדמי אחזקת מיני מחשבים

M. L. L – THE NOVELL LOCAL AREA NETWORK SYSTEM INTEGRATOR

מ.ל.ל. מערכות מחשבים בע"מ

משרד ראשי – הבונים 9 ר"ג, טל. 03־7515511 ● חיפה: 04־528252 ● ירושלים: 02־247164

יישומי מחשב לניהול הלמידה

CMI: Computer-Managed Instruction

אחת הציפיות מהמחשב בחינוך היתה שהמחשב יבצע במקום המורה את האספקטים הטכניים של ניהול הלמידה – הערכה שוטפת של ביצועי התלמיד, קבלת החלטות על סמך הערכה זו לגבי קידום התלמיד או הסעפתו למסלול מתקן, עריכת מבחנים מסכמים ובדיקתם, דיווח התוצאות לתלמיד ולמורה, ועיבוד התוצאות במסגרת כיתתית. ואכן, פותחו תוכנות מחשב לביצוע פעולות אלה, בדרגות משתנות של קיום פונקציות ניהול הלמידה. הפשוטות ביותר הן בצורת "יומן מורה ממוחשב" בו המורה מכניס בעצמו את נתוני התלמידים והתוכנה מעבדת אותם. תוכנות אחרות מעבדות תשובות, המוכנסות למחשב ע"י התלמידים, לשאלות הבאות בעקבות למידתם חומר מסויים דרך המחשב. מינהל הלמידה המורכב ביותר הוא זה המשמש כחלק אינטגרלי של CAI ומאפשר להפקיד את מרבית פונקציות הצגת וניהול הלמידה בידי המחשב ולהתקרב בכך ליצירת מכונה המחקה את תיפקוד המורה הפרטי.

מחשבים בחינוך בארץ

ההתחלה

בשנת 1975 נרכשה לשימוש בארץ, במימון קרן רוטשילד, מערכת CAI (בשם CCC מארה"ב.

הלומדות תורגמו לעברית והותאמו לתכנית הלימודים כאן, ומאז מופעלת המערכת (עם מיגוון נושאים לימודיים) בשם תוא"ם (תירגול ואימון בחשבון) ע"י מט"ח (המכון לטכנולוגיה חינוכית). המערכת הראשונה הוכנסה לשימוש ב־1977 בעיירת הפיתוח נתיבות. עד השנים האחרונות, יועדה המערכת בעיקרה לתלמידים מאיזורים עם רקע חברתי־כלכלי נמוך. כיום מיושמת המערכת לכלל הלומדים על מיני־מחשב עם 40 מסופים. המערכת אינה נרכשת ע"י בית הספר אלא מושכרת ע"י מט"ח. משתמשים בה למעלה מ־100,000 תלמידים בלמעלה מ־400 בתי ספר יסודיים (כ־100 מהם בתי ספר "נלווים" אשר לגביהם אין המערכת מוצבת בבנין ביה"ס אלא בבית ספר סמוך כאשר שני בתי ספר מתחלקים בזמן השימוש במערכת) ומעט בחטיבות ביניים.

בשנת 1979 החלה קבוצת מורים בקרית שמונה לפתח תוכנות CAI בחשבון ובהבנת הנקרא על מיקרו־מחשבים מסוג קומודור 64 המחוברים ברשת מקומית, עם התפיסה העקרונית שיש לאפשר למורה בשדה מעורבות בפיתוח הלומדות. לאחר תקופת הרצה בבתי ספר בקרית שמונה החלו ב־1982 להשתמש בבתי ספר ברחבי הארץ בלומדות שפותחו. כיום משתמשים במערכת זו בכ־350 בתי ספר עם מספר משתנה של עמדות מיקרו־מחשב – החל מ־8 וכלה ב־40. הלומדות שפותחו במסגרת פרוייקט זה, המכונה סמ"ל (סיוע מחשבים ללמידה), מופצות כיום ע"י שח"מ (שירותי חינוך ממוחשבים) – גוף ציבורי הנתמך ע"י משרד החינוך. לומדות אלו מיושמות כיום גם למחשבי אמיגה של קומודור. שתי המערכות, תוא"ם וסמ"ל, הן מערכות ה־CAI הנפוצות ביותר בארץ. על אף ששתיהן כוללות לומדות במיגוון נושאים, הן משמשות בעיקר לתירגול בחשבון ובהבנת הנקרא, ובמידה פחותה יותר באנגלית. בממוצע מקבל כל תלמיד המשתמש באחת ממערכות אלה כ־40 דקות בשבוע תירגול בחשבון וכ־20 דקות בכל אחד – הבנת הנקרא ואנגלית.

מתחילת שנות ה־80 החלו לפתח בארץ לומדות למיקרו־מחשבים (נוסף ללומדות סמ"ל). עיקר הפיתוח נעשה במימון משרד החינוך ע"י למעלה מ־100 צוותים במוסדות ההשכלה הגבוהה ובמרכזי פיתוח איזוריים ברחבי הארץ. כיום פועלות בארץ גם חברות מסחריות אחדות המפתחות לומדה לצרכי בתי הספר בארץ ו/או לייצוא. הלומדות שפותחו עד כה עוסקות במרבית המקצועות הלימודיים ומיועדות למיכלול הגילים – מרמת הגן ועד התיכון. בניגוד למערכות תוא"ם וסמ"ל בחשבון, הכוללות קורס לימודים שלם המתאים לשנת לימוד אחדות, מרביתן של לומדות אלה "נקודתיות" – מיועדות להוראת נושא לימודי בודד, ואינן כוללות מינהל למידה. הלומדות או התוכנות שפותחו כך עוסקות במיגוון השימושים של מחשבים בחינוך, כפי שפורטו לעיל.

הוראת מדעי המחשב בבתי ספר תיכוניים בארץ החלה בסוף שנות ה־60 במסגרת פעילויות למחוננים, בעיקר בצורת הוראת תיכנות. ב־1968 זכתה המגמה לעיבוד נתונים אוטומטי בחינוך הטכנולוגי בהכרת משרד החינוך. ב־1976 היה הנושא: "יסודות תורת המחשב" למקצוע חובה בחינוך הטכנולוגי ולמקצוע בחירה לבחינות בגרות בנתיב העיוני. כיום קיימות תכניות שונות להוראת ידע מחשבים ותיכנות החל מגיל הגן.

לגבי מיחשוב מינהל בית הספר, נעשה הצעד המשמעותי הראשון בסקר הגדרת הצרכים של המערכות הבית ספריות שנערך ב־1985 ביוזמת המזכירות האקדמית של משרד החינוך. כיום פותחו תוכנות אחדות ל"מנב"ס" – מינהל בית ספרי ממוחשב והן נמצאות בשלבי בדיקה ויישום בבתי ספר. ב־1987 הושלמה התקנת מערכת מינהלית ממוחשבת לכל בתי המדרש למורים בארץ.

היישום בשדה כיום

בארץ נערך ב־1987 סקר מחשבים בבתי הספר היסודיים. לפי סקר זה, 60% מבתי הספר היסודיים משתמשים במחשבים למטרות הוראה (בהשוואה ל־85% בארה"ב לפי סקר משנת 1985). ממוצע המסופים או מיקרו־מחשבים לבית ספר הוא בארץ כ־17 (ללא תוא"ם 10% ובארה"ב 6%, אם כי קרוב לוודאי שמאז 1985 עלה המספר). המחשבים המשמשים בארץ במערכת החינוך – קומודור 64 (46%), תוא"ם (28%), Apple II (17%), IBM ותואמיו (4%), והשאר מתחלקים בין BBC, Radio Shack, ואחרים. בארה"ב, המוביל הוא Apple II (55%) ובקנדה קומודור 64 (53%). 17% מהמיקרו־מחשבים בבתי הספר בארץ עובדים בשיטת השימוש ברשת מקומית. המממנים העיקריים של רכישת המחשבים לבתי הספר היו ההורים או הרשות המקומית (כולל תרומות מפעל הפיס). גורמים מממנים נוספים – תקציבי רווחה ושיקום ומשרד החינוך. ב־86% מבתי הספר ממוקמים המחשבים במעבדת מחשבים ובכ־8% מבתי הספר הם ממוקמים בכיתות הלימוד הרגילות. השימוש הנפוץ ביותר הוא CAI לתירגול בחשבון (86%), ואחריו תירגול בלשון (68%), באנגלית (60%), לוגו או תיכנות בייסיק (31%), הכרת המחשב (31%), תמלילן ו/או מסד נתונים (19%), תוכנות לפיתוח חשיבה (7%), הוראה משקמת (7%), והוראת תכנים בעזרת סימולציות (5%).

הגישה לקראתה הולכים כיום בבתי הספר היסודיים היא למידה פעילה באמצעות מחשב, ושילוב השימוש בכלים פתוחים במקצוע הלימוד. לדוגמה, מעלים טקסט מסויים על תמלילן והתלמידים עוסקים בחקר פעילויות לשון – ממיינים פעלים, משפטים וכדו'. לפי אותו קו, מנסים לשלב את לוגו בלימודי הגיאומטריה בכיתות ד–ו.

בשנים האחרונות חודרים המחשבים גם למערכת החינוך הקדם־יסודי. הוקם צוות הדרכה לגננות והכנסת המחשב הותנתה באישור המפקחת על הגן אשר אחראית לבחירתו של ציוד מתאים ולהשתלמות הגננת קודם להפעלת המחשב עם הילדים. לכל גן מוכנס מחשב יחיד המשמש כפינת עבודה נוספת לעבודה ביחידים, בזוגות ובקבוצות. לגיל הגן משתמשים בלומדות מיוחדות לפיתוח כשרים ומיומנויות: פיתוח

חשיבה חזותית, יכולת תכנון וצפיה, טיפוח סגנון חשיבה רפלקסיבי, וחיזוק הלמידה של מושגי יסוד ומושגים מתמטיים. משתמשים בגנים גם בגירסה פשוטה של לוגו לטיפוח היצירתיות של הילד. בסוף 1988 פעלו מחשבים בכ־800 גני ילדים לגילאי חובה. המחשבים המשמשים בעיקר למטרה זו – קומודור 64, אמיגה, BBC.

בחטיבת הביניים עוסקים בעיקר בהכרת המחשב, לפי תכנית הלימודים שהוכנה לרמת בית ספר זה, ובביצוע פרוייקטים אישיים עם כלים יישומיים פתוחים.

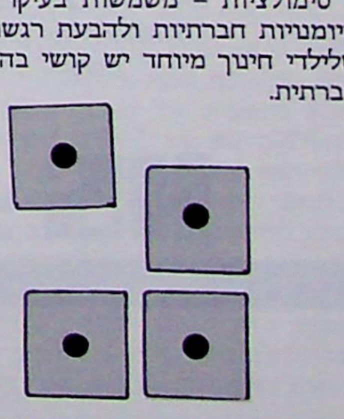
בתיכון העיוני תופעל לראשונה באופן ניסויי בשנת תשמ"ט תכנית הלימודים החדשה לבחינת הבגרות המבוססת על לוגו. במגמות למדעי המחשב לומדים כיום שפות תיכנות – פסקל ולפעמים גם פרולוג. בבתי הספר המקצועיים, במגמות למדעי המחשב, עוסקים בפסקל, פרולוג, קובול וכלים משולבים. בתיכון יש מעט מאד שימוש ב־CAI. מתחיל להתגבש שימוש במעבדות ממוחשבות בהוראת מדעי הטבע ובהוראת שפות.

בחינוך מיוחד הולך ומתרבה מספר עמדות המחשב ומספר המנחים לשילוב המחשבים בהוראה. הפוטנציאל הרב של מחשבים בחינוך מיוחד הוא ביכולתם לטפל באספקטים מוטיבציוניים, ריגשיים ואישיותיים כמו חיזוק הדימוי העצמי (הבא מתוך יכולת לשלוט במכונה חכמה ובעלת הילה – המחשב, ומתוך החיזוקים החיוביים המיידיים מהמחשב), שיפור הריכוז, הכף של הלומד (יחס חיובי ללימוד), והבלטת כישורים שלא באו לידי ביטוי בדרכים אחרות. משתמשים במחשבים בחינוך מיוחד למטרות שונות:

– עזרים למוגבלים פיסית – מוגבלות פיסית מפריעה לילדים רבים לבטא את הפוטנציאל השכלי הטמון בהם. השימוש בטכנולוגיה אלקטרונית ככלי ביטוי, כתיבה, ציור וכדו' עשוי להוות פריצת דרך בתקשורת שלהם עם העולם הסובב אותם. בשנים האחרונות פותחו סוגים שונים של ציוד היקפי, המשמשים כאמצעי תקשורת חלופית עם המחשב להחלפת התקשורת הסטנדרטית של הקשה על מקלדת.

– אימון ותירגול: אוכלוסית החינוך המיוחד זקוקה לאימון ותירגול פי כמה יותר מאוכלוסית התלמידים הרגילה על מנת לרכוש מיומנות כלשהי. המחשב מונע מילדים בעלי קשיי למידה את התיסכול הכרוך בצורך לחזור על ידע מסויים בעזרת מבוגרים.

– סימולציות – משמשות בעיקר לרכישת מיומנויות חברתיות ולהבעת רגשות משום שלילדי חינוך מיוחד יש קושי בהתמודדות חברתית.



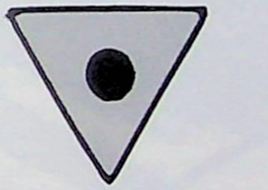
– פיתוח מוכנות ללמידה – לומדות המיועדות לשימוש זה נפוצות מאד בגני ילדים ועוסקות בתפיסת צורות, מספרים, גדלים, מושגים (כמו – רצף) וכדו'.

– פיתוח כשרי חשיבה. לדוגמה – משתמשים בגירסה פשוטה של לוגו לפיתוח יכולת התכנון מראש, הראייה קדימה והניסיון לתכנן צורה מההתחלה ועד הסוף.

– שימוש במעבד תמלילים, הן כמיומנות כשלעצמה והן לשם שיפור יכולת הביטוי המילולי והרחבת השפה.

אחד השימושים הנפוצים במחשבים בארץ ברמות ביה"ס היסודי וחטיבת הביניים הוא בהוראת האנגלית. בכיתות העליונות של ביה"ס היסודי משמש המחשב בעיקר לתירגול בכללי הדקדוק. בחטיבת הביניים מיועד המחשב לספק ללומד גירויים לחשיבה והיזון חוזר מיידי. כיום שולטת בהוראת האנגלית כשפה זרה הגישה התקשורתית הדורשת עבודה בקבוצות. המחשב משמש להשלמת פעילות זו בכך שמאפשר לילד לעבוד באופן עצמאי עם הלומדה בנושאי הבנת הנקרא. הלומדות שפותחו למטרה זו מדגישות תהליכי חשיבה ואיסטרטגיות קריאה.

בנושאי מינהל בית ספרי, 3 תוכנות מנב"ס עמדו לאחרונה במכרז של משרד החינוך ונערכות עתה השתלמויות מנהלים לשם שילובן במינהל בתי הספר.



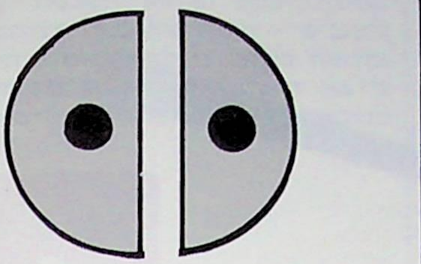
תכניות לימודים במדעי המחשב

– אין מפתחים תכנית לימודים בלוגו משום התפיסה שבביצוע תכנית מוגדרת יאבד המורה את הרעיון של יצירתיות הלומד;

– פותחו תכנית לימודים וחומרי למידה לתיכנות לוגו ופרולוג;

– התכנית החדשה להכרת המחשב בחטיבת הביניים ערוכה עבור שעתיים בשבוע במשך שתי שנות לימוד. עקרונות התכנית: היות והחומרה והתוכנה משתנים בהדרגה, הדגש מושם על העקרונות הכלליים על פיהם עובד המחשב – עקרונות של עיבוד מידע. התכנית כוללת הכרת החומרה, תהליכי עיבוד מידע, תכנון יעיל של תכניות, ותוכנות (ב־Basic משום שאין כאן חשיבות לשפה אלא תהליכי עיבוד המידע הם המודגשים).

– התכנית החדשה לבחינת בגרות במדעי המחשב בתיכון העיוני בנויה ממבוא למדעי המחשב דרך לוגו, וסביבות אינטראקטיביות. עקרונות התכנית: הדגשת המחשב ככלי עזר לחשיבה, לא רק לחישובים; דגש על סגנון תיכנות ועל ראיית שפת התיכנות ככלי לביטוי רעיונות ומבנים כלליים.



הגופים המטפלים בנושאי מחשבים בחינוך בארץ

בשנים האחרונות דנו ועדות אחדות במדיניות לגבי מיחשוב החינוך. ועדה בין־משרדית (משרד המדע והפיתוח ומשרד התקשורת) לתיקשוב (תקשורת ומחשבים) בחינוך המליצה בשנת 1984 לראות במיחשוב מערכת החינוך על כל שלביה **פרוייקט לאומי חיוני ובעל עדיפות עליונה** (ההדגשות במקור). הרעיון המרכזי בפרוייקט זה היה – **להפוך את ישראל ליצואנית ראשית של מערכות הוראה ממוחשבות.** המערכות הללו נועדו להוות ענף יצוא ראשי של המדינה (במקום, או נוסף לתפוזים...). בעקבות זאת מינה שר החינוך ועדה לבחינת ההיבט החינוכי של ההצעה הנ"ל. ועדה זו המליצה (1985) על תיקשוב כמרכיב אינטגרלי בחינוך ועל הצורך בהיערכות מסיבית מחדש של מערכת החינוך המתחייבת מכך; על פיתוח מערכות הוראה נעזרות־מחשב שתשמשנה את מערכת החינוך בישראל ושתשמשנה לייצוא על יסוד המחקר, הידע והנסיון שיצטברו מהפיתוח והשימוש במערכות בארץ. כן צורפו המלצות אופרטיביות להשגת מטרות אלה.

במשרד החינוך קיימים גופים אחדים המטפלים בנושאי המחשבים בחינוך בארץ: הוועדה למחשבים במערכת החינוך הכפופה למזכירות הפדגוגית של משרד החינוך, המחלקה לתכניות לימודים ממוחשבות באגף לתכניות לימודים והמחלקות להכשרת ולהשתלמויות עובדי הוראה. גופים אלה אחראים על תיאום ופיקוח פרוייקטים, פיתוח והערכת לומדות ממוחשבות, הוראה באמצעות מחשב, לימוד המחשב, עריכת השתלמויות וימי עיון למורים, הצטיידות במחשבים במוסדות החינוך, הפעלת מרכזי המחשבים, שיתוף פעולה וייצוג בינלאומי.

פעילות ענפה של הכשרת מורים לעידן המחשבים בחינוך נעשית במכללות ובסמינרים למורים. כיום לימודי המחשב הם מקצוע חובה לכל התלמידים בבתי המדרש למורים בהיקף 60 שעות לימוד, אולם רבים מבתי המדרש מרחיבים את הלימודים ל־90–120 שעות לימוד. במסגרת זו מושם דגש על הכרת לומדות, שימוש בתוכנות יישומיות, ולימודים מתקדמים של שפת הלוגו. נוסף לכך, קיימים מסלולי התמחות בהוראת נושאי המחשבים בכיתות הגבוהות של ביה"ס היסודי וחטיבת הביניים, המכשירים רכזי מחשב לרמה היסודית ומוסמכים להוראת "הכרת המחשב" בחטיבות הביניים.

כל המוסדות האקדמאיים להשכלה גבוהה בארץ פעילים מאד בנושאי מחשבים בחינוך. נוסף לפיתוח תוכנות ולומדות, בהכשרת מורים לנושאים הקשורים במחשבים בבתי ספר, ובקיום חוגי מחשב לנוער שוחר מדע, עוסקים במוסדות אלה במספר פרוייקטים או מחקרים ייחודיים. להלן אחדים מהם:

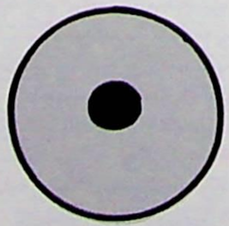
– אוניברסיטת באר שבע: פרוייקט מחי"ש (מיחשוב הישוב) – ניסוי מיחשוב הישוב בערד ובאשקלון. זהו פרוייקט גדול מאד – בשלבו הנוכחי הוא מופעל בהיקף של למעלה מ־7,000 תלמידי כיתות א–ח עם כ־300 מורים ב־12 בתי ספר. מטרת הפרוייקט: לחשוף את הפוטנציאל המהפכני הטמון במיחשוב, ואת הבעיות הכרוכות בהפעלת המחשבים בחינוך ובקהילה. הפרוייקט מבוסס על שימוש רב־צדדי במחשב בסיוע להוראה וללמידה תוך כדי יצירת "רווית מחשבים": נגישות רחבה של תלמידים, מורים והורים למחשב (מחשב לכל 10–8 תלמידים), מחשבים בבתי המורים, בחלק מבתי התלמידים ובמספר מוסדות ציבור), בדיקת תפיסה מערכתית של יישומי המחשב בחינוך: שילוב כל הגורמים הקשורים בהפעלת המערכת, והערכה מעצבת צמודה ורצופה – קבלת משוב מיידי ושוטף תוך כדי מהלך הניסוי. במהלך הפרוייקט מפותחות לומדות המיועדות לשילוב במהלך הלימודים השוטף, מבוצעת הכשרה ראשונית של מורים והדרכה שוטפת של מורים בעת ההפעלה.

– אוניברסיטת בר־אילן: יישומי מחשב (CAI) בהוראת מדעי הרוח, במדעי היהדות (תושב"ע לביה"ס הממלכתי), בהתמודדות עם בעיות מוסריות וחקר למידה יחידנית ובזוגות עם מחשב.

– אוניברסיטת חיפה: מעבדה ממוחשבת בפיסיקה, חקר דרכי שילוב המחשב להוראת ההנדסה בביה"ס היסודי; חקר העלאת השערות כחלק בסיסי בלמידת מתמטיקה, תירגול ופיתוח לומדות למיגזר הערבי (במסגרת סמינר אורנים).

– האוניברסיטה העברית בירושלים: השתתפות במחקר בינלאומי (כולל 20 מדינות) רב־שנתי על דרכי שילוב של מחשבים בחינוך במדינות השונות; פרוייקט תקשורת בין תלמידי יסודי בישראל וארצות אחרות (מקסיקו, יפן), התאמת תכנית הלימודים לתלמידים מנוסים במחשבים (יודעי־מחשב "כשפת אם"), פותח קורס דו־שנתי בן 120 שעות לתלמידי חטיבות הביניים בהכרת המחשב.

– אוניברסיטת תל אביב: שילוב המחשב בהוראת מתמטיקה לתיכון, פיתוח מעבדות

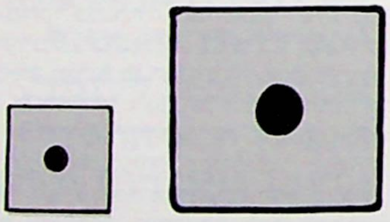


ממוחשבות במתמטיקה ובפיסיקה; שימושי מחשב כ"לוח אלקטרוני" במתמטיקה ובפיסיקה, שימושי מחשבים בחינוך מיוחד, פיתוח קריטריונים להערכת לומדות, מבחנים אדפטיביים, יישומי מחשב להבנת הנקרא באנגלית תוך פיתוח תהליכי חשיבה ואיסטרטגיות קריאה, חקר יעילות הוראה ולמידה באמצעות מחשב, חקר סגנונות למידה באמצעות לוגו, ויישומים עתידניים: ICAI, מערכת איחזור מידע, ומערכות הוראה אינטראקטיביות משולבות מחשב – וידיאודיסק.

– הטכניון: קיים מרכז לוגו בו מקיימים סדנאות ללימוד לוגו עם דגש על ההתנסות החוויתית והגישה החינוכית שבבסיס לוגו. פיתוח התכנית החדשה למדעי המחשב לבגרות, וחקר שילוב עקרונות בינה מלאכותית בלמידה.

– מכון וייצמן: יישומי מחשבים בהוראת המתמטיקה והמדעים לרמות חטיבת הביניים והתיכון; הכנת גירסה של פרולוג בשפה העברית, פיתוח תכנית לימודים וחומרי למידה לתיכנות לוגי ופרולוג; פיתוח "מערכת מומחה" חינוכית בכימיה, המבוססת על פרולוג, שתשמש כמדריך "אינטליגנטי" לתלמיד בתהליך פתרון בעיות.

– המכון לחינוך טכנולוגי בחולון: הכנת תכניות לימודים בתחום המחשב לבתי הספר המקצועיים, גיבוש דרכי ההוראה והכנת חומרי למידה; הערכת לומדות, הכנת מאגרי מידע בנושאי מחשבים במערכת החינוך. הכשרת מורים לחינוך המקצועי להוראת מקצועות המחשב.



בשנים הראשונות ליישום מחשבים בבתי הספר בארץ, רק מפעילי מערכת תוא"ם, ובמידה מסויימת גם מפעילי מערכת סמ"ל – הציעו פתרון כולל להכנסת המחשב לבית הספר שכלל מיקום המחשבים, הכשרת המורים, הדרכה ועזרה שוטפים למורים, תיקוני חומרה ועוד. אולם בבתי ספר שלא השתמשו במערכות תוא"ם וסמ"ל היתה מבוכה רבה בקשר לרכישת חומרה ולומדה באין יד מכוונת במבוך. הורים, מנהלים ומורים ערכו "מחקרים פרטיים" בנושאים אלה. נרכשו מחשבים שנזנחו כעבור זמן, הן משום שלא ידעו מה לעשות עימם או שהתקלקלו לעיתים קרובות ולא היה בבית הספר מי שיטפל בהם. נרכשו גם לומדות שנזנחו לאחר זמן קצר משום שהיו באיכות בלתי מספקת, או עם bugs, או בלתי ידידותיות, או שלא התאימו לתכנית הלימודים. הגישה המקובלת כיום היא שבית הספר כמות־שהוא אינו מוכן לקליטת טכנולוגיה. הוא חסר אונים בכל הקשור בצדדים הטכניים – בהפעלה, בתחזוקה, ברכישות וכדו', והוא מוגבל בכח האדם העומד לרשותו. משום כך הכרחי שהכנסת המחשב לבית הספר תתבצע באמצעות מסגרת חיצונית הנותנת תמיכה כוללת לנשא, עם טיפול שוטף במיכלול האספקטים הכרוכים בכך. תמיכה כזו נעשית כיום במסגרות אחרות.

הראשונים שהתאגדו, ביוזמה מקומית, למתן שירותים כוללים למיחשוב בית הספר היו קבוצות של קיבוצים איזוריים. כיום פועלים שלושה תאגידים של קיבוצים למטרות יישומי מחשבים בבתי הספר: "לוגל" בגליל העליון, "תלגר" באיזור חדרה, ו"דע־רום" באיזור הדרום. מרכז כזה אחראי על כל הקשור בשילוב המחשבים בבתי הספר של הקיבוצים הללו ומספק:

– רכישת חומרה אחידה ותמיכה בחומרה.

– מיון תוכנות ולומדות קיימות מהארץ ומחו"ל ע"י צוות מיומן של מורים והפצת הטובות בתכניות בבתי הספר. ההפצה נעשית בעזרת עריכת קטלוגים של הלומדות המצויות, קיום ימי עיון לנציגים מבתי הספר, הכנת עותקים של הלומדות והתוכנות, והדרכה מקצועית שוטפת.

– קיום קשר שוטף עם בתי הספר לשם מתן ייעוץ מקצועי וחינוכי של דרכים אפשריות לשילוב המחשב. זאת, הן ביוזמת בית הספר המזמין מדריך מהמרכז והן ביוזמת המדריך העושה סבב בין בתי הספר.

– במקרים מסויימים, פיתוח לומדות.

כיום יש בארץ התקדמות במיסוד תהליכי הנחית בתי ספר והכשרת מורים ביוזמת מרכזי מיקרו־מחשבים איזוריים בחסות משרד החינוך. קיימים 8 מרכזים כאלה במסגרת המרכזים הפדגוגיים האיזוריים והם עוסקים בפונקציות הדומות לאלו של תאגידי הקיבוצים. הכנסת המחשבים לבית הספר אינה נעשית עוד ביוזמה בית ספרית בלבד, כל החלטה על רכישת חומרה או לומדה נעשית בייעוץ עם צוות המרכזיה הדואג גם להכשרת המורים ולביקורים שוטפים בבתי הספר. יועצי המרכזיות מתכננים שילוב הלומדות והתוכנות הפתוחות בתכנית הלימודים ובשילוב הלומדות ה"נקודתיות" בדרכי ההוראה של המקצועות השונים, לשם יצירת "רצף" בשימוש בלומדות הללו למטרות הוראה.

גם שח"מ, הנזכר לעיל, עוסק בהצעת פתרון מערכתי כולל למיחשוב בתי ספר, המבוסס על מערכת סמ"ל – החל מייעוץ של איזו חומרה לרכוש, איך והיכן למקם, הכשרת מורים והדרכתם השוטפת, שילוב תוכנות ולומדות פתוחות במערכת הלימודים הרגילה עם דגש על למידה פעילה, והכשרת מנהלים וסגני מנהלים לשימוש במנב"ס (מינהל בית ספרי ממוחשב).

הערכת יישומי מחשבים בבתי הספר בארץ

לדעת המנהלים והמורים שהשתתפו בסקר ב־1987, היתרונות העיקריים בשימוש במחשב למטרות הוראה הם אינדיבידואליזציה

של תירגול ואבחון (60%), הגברת מוטיבציה ודימוי עצמי של התלמידים (55%), גיוון בשיטות ההוראה (37%), פיתוח חשיבה (17%), והכנת התלמידים לעבודה במחשב בעתיד (15%). הבעיות העיקריות ביישומי מחשב בבית הספר הן הכשרת מורים בלתי מספקת או לא מתאימה (41%), תקציב בלתי מספיק (27%), מחסור או תקלות טכניות, במיוחד עם כוננים או רשת (58%!!!) ומחסור בשעות תקן או בעיות לומדה (25%). הבעיות עם לומדות נובעות מאיכות נמוכה, אי התאמה לתכנית הלימודים, חוסר לומדות לתלמידים המצטיינים, וחוסר קשר בין הנלמד בכיתה ובמחשב באותו מקצוע לימודי.

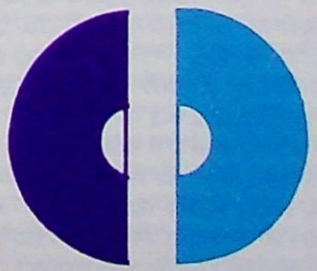


מכשירי מורים ומפעילי מרכזיות מיקרו־מחשבים מתרשמים כי מצד המורים בשדה יש נכונות רבה לאמץ את המחשב. מצד שני, מסכמים אנשי תלגר בעיות שונות שעלו במשך השנים של הפעלת מחשבים בבתי ספר במסגרתם. מסתבר כי רוב המורים אינם מעוניינים לשלב את המחשבים בלימוד השוטף וזאת מסיבות שונות. האיסטרטגיה שנמצאה כנכונה להתגבר על כך היא לתת למורים מחשבים הביתה, לעודד את התנסיותיהם עם המחשב, להעביר להם השתלמויות, ולהכניס את המחשבים לכיתות. גם מנהלים רבים אינם מתעניינים בהכנסת המחשב לבית הספר. היות שגם המנהל וגם המורה אינם מעוניינים לעבוד עם מחשבים, שמים את המחשב בחדר נפרד, סגור ומסוגר (איך יודעים היכן המחשבים בבית הספר? מאחורי רב־בריח) שעליו אחראי רכז המחשבים. רכזי המחשבים הופכים את המחשב למקצוע בפני עצמו שאינו קשור כלל ללימודים השוטפים וכך נמנע שילובם האינטגרלי של המחשבים בהוראה הרגילה. התפקיד הרצוי לרכז מחשבים הוא – לדאוג לכך שהמחשב יהיה חלק אינטגרלי מתכנית הלימודים, אולם דבר זה אינו מבוצע למעשה ודוקא רכזי המחשבים מעכבים התפתחות שינויים כמו – ביטול מעבדת המחשבים והכנסת המחשבים לכיתות לשם שילוב בהוראה הרגילה – משום ששינויים כאלה מוציאים מידיהם אחריות ותחומי שליטה.

בראיונות של מומחים בנושאי מחשבים בחינוך שעזרו בהכנת מאמר זה הועלו בעיות וביקורות נוספות: יש ביקורת על כך שהכנסת המחשבים למערכת החינוך בארץ נעשתה ללא תכנון מוקדם. במקרים רבים הציבו את המחשבים בפני המורה שלא ידע מה לעשות עימם. גם כיום אין הרגשה של מדיניות ברורה, על אף ההחלטות שגובשו בוועדות כנ"ל – אין סימנים ליישום ההמלצות לעשות את מיחשוב החינוך לפרויקט לאומי. נוסף לכך, לא נעשה נסיון ללמוד מההצלחות, הכשלונות והבעיות של יישומי המחשב בבתי הספר בארה"ב על אף שאנו צועדים בפיגור של 1–2 שנים אחרי הנעשה שם. כמעט ולא נעשה מאמץ להתאים לומדות טובות שפותחו בארה"ב לתנאי הארץ, אם כי נעשים באחרונה נסיונות אחדים למטרה זו. בעיה נוספת – אין בארץ תמריץ לפיתוח לומדות ביוזמה חופשית, אולי עקב התופעה של "מדינה של דיסקט אחד".

המחקרים שנעשו בארץ על השפעת הלמידה באמצעות מחשבים והידועים לי, התרכזו בעיקר במערכות תוא"ם וסמ"ל ובנושא החשבון. דייויס ואחרים מצאו כי שתי מערכות אלה לבית הספר היסודי מופעלות באופן סדיר ומנוצלות רוב שעות הלימודים. עמדות התלמידים חיוביות לגבי התירגול במחשב. לדעת המחברים המבקרים אספקטים אחדים של מערכות אלו, ההיזון החוזר הניתן לתלמידים הוא בעיקר מסוג נכון/לא נכון ואינו מהווה אינטראקציה חינוכית רצויה עבור התלמיד. מבנה מערכות התירגול נוקשה, מעודד תירגול אוטומטי ואף ניחוש – ללא הבנה.

מברך מצאה במחקרים השוואתיים כי הישגי תלמידים שלמדו חשבון עם תוא"ם גבוהים מהישגי תלמידים ללא תוא"ם. בניגוד גמור לכך לא מצא מצר, אף הוא במחקר השוואתי, הבדלים בביצוע של תלמידים שלמדו חשבון עם וללא תוא"ם. מצר מצא גם כי לפי דעות המורים מקדם התירגול בחשבון בתוא"ם במיוחד את התלמידים הטובים. כותבת מאמר זה עורכת מחקר ממושך (זה למעלה מ־4 שנים) המשלב תצפיות שיטתיות עם שיטות מחקר כמותיות לגבי תלמידים המקבלים תירגול בחשבון במערכת תוא"ם. המימצאים מורים כי תירגול זה מביא תועלת מרובה לתלמידים הטובים, בעלי מוטיבציה גבוהה ללמידה. תירגול זה משמש להם כאתגר לפתרון בעיות, כקטליזטור ללמידה וכאמצעי לפיתוח מיומנויות ללמידה עצמית. העבודה במערכת מאפשרת להם להתקדם במהירות בחומר לפי יכולתם (אם כי לפעמים בעקבות גילוי טכניקה לפתרון וללא הבנה) ולא להיות מעוכבים ע"י התלמידים הפחות טובים – ובכך מושגת אחת המטרות החשובות של למידה יחידנית. מבחינה זו, ממלאת המערכת תפקיד רב־חשיבות ובהיקף ללא תקדים לגבי הטיפול בתלמידים הטובים בבית הספר היסודי. לעומת זאת, החלק הארי של התלמידים – בד"כ הבינוניים והחלשים – מפיקים מתירגול זה תועלת חלקית בלבד ובמקרים אחדים התועלת מועטה ביותר.



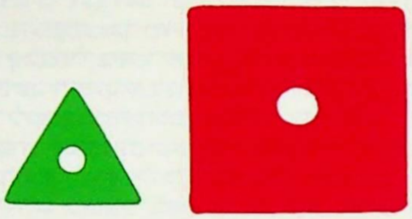
עקב אי־ידידותיות התוכנה, רבים התלמידים השוגים בתגובותיהם במחשב עקב סיבות שאינן קשורות לידע בחשבון אלא לסגנון העבודה הספציפי הנדרש במחשב. מסתבר גם כי לסיבות ריגושיות, כמו מוטיבציה או התמדה נמוכה, חוסר ביטחון עצמי ועוד, יש אפקט רב על התנהגות הלומד בעת התירגול, המביאה לשגיאות בנושאים ידועים ובכך לאי קידומו המתאים ברמות התירגול. בעקבות כך, מוערכים תלמידים רבים ע"י התוכנה כבעלי ידע הנמוך מרמתם האמיתית, אינם מקודמים ברמות התירגול במחשב באופן מתאים ומשום כך מקבלים תירגול בנושאים שבהם אינם זקוקים לתירגול משום שהם שולטים בהם (כפי שמוכח בעבודת עפרון ונייר). על אף שלא נערך מחקר עקבי באותן שיטות לגבי תירגול בחשבון במערכת סמ"ל ובמערכות CAI אחרות, יש להניח שעקב הדמיון החלקי בעבודה בכל מערכות ה־CAI, מתקיים לגביהן לפחות חלק מהמימצאים הללו.

סיכום: גישור הפער בין הציפיות והמציאות

האם לאחר למעלה מ־20 שנות מחשבים, כולל 8 שנות מיקרו־מחשב בבית הספר, מומשו הציפיות הגדולות? האם התחוללה "מהפכת המחשבים" בחינוך"? ואם עדיין לא, האם היא עומדת בפתח?

משמעות "מהפכת המחשב בחינוך" המצופה היתה בפירוש הקיצוני – הכנסת שינויים מהפכניים במבנה בית הספר וארגונו, בשיטות ההוראה, במקצועות הלימוד ובתכנית הלימודים של המקצועות הקיימים. הפירוש הפחות קיצוני ראה במהפכת המחשבים את השילוב המוצלח והאינטנסיבי של המחשב במיגוון מקצועות לימוד בתכנית הלימודים הקיימת, ללא שינויים קיצוניים במבנה בית הספר ובהוראה, והפירוש המינימלי הסתפק בשיפור משמעותי של הלמידה במקצועות היסוד, במיוחד לאוכלוסיות החלשות. אולם כיום, יש עדויות רבות של מחקרים וסקרים שנערכו בארה"ב המורות כי מהפכת המחשבים לא התרחשה באף אחת מרמות הציפיות הללו. אין כמעט בנמצא בתי ספר, שלא במסגרת של ניסוי, אשר התרחשו בהם שינויים מפליגים בעקבות הכנסת המחשבים. מרבית בתי הספר אינם משתמשים במחשבים בדרכים המשנות באופן ניכר את ההוראה והלמידה המסורתיים. לגבי הפירוש הפחות קיצוני – השילוב המוצלח והאינטנסיבי של השימוש במחשב בתכנית הלימודים בבתי ספר כפי שהם כיום, מצאו מחקרים רבים כי יש פער ניכר בין מה שמורים אומרים שהם עושים עם מחשבים ומה שמבוצע למעשה. במציאות, נמצא כי רק אחוז נמוך של מורים ותלמידים משתמשים במיקרו־מחשבים וכי ככל שהמחשבים היו בבית הספר יותר שנים, השימוש בהם עבר מתמיכה במקצועות לימודיים ללימוד תיכנות. מורים רבים משתמשים במחשבים באופן פריפריאלי להוראתם או לעשיית דברים שהיו עושים

ללא מחשבים, ואינם משנים את שיטות הוראתם. אפילו המטרה המינימלית של אינדיבידואליזציה שיטתית של ההוראה אינה מושגת באמצעות המחשב, זאת לדעת מידגם מייצג של מורים שנסקרו בארה"ב. לגבי השפעת המחשב על הקידום הלימודי במקצועות היסוד, עדויות רבות (במחקרים בארה"ב וגם במחקרים בארץ) מורות כי קידום זה קיים בעיקר לאוכלוסיות התלמידים הטובים (ואולי גם לתלמידי החינוך המיוחד – אין לי סימוכין מחקריים על כך) אך לא לרוב הגדול של התלמידים – הבינוניים והחלשים. כתוצאה מהמימצאים הללו מובעת בשנים האחרונות בארה"ב אכזבה רבה משילוב מחשבים בבתי הספר לשיפור הלמידה. יש לנתח לאורה את הסיבות לאי הצלחת "מהפכת המחשבים" עד כה, ולבדוק דרכים להתגבר על הבעיות. לשם כך יש לבחון את

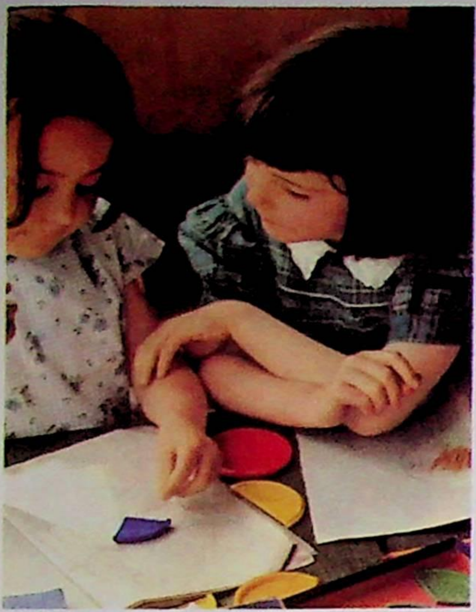


תהליך הכנסת המחשב לבית הספר כחלק מהתהליך ההיסטורי של הכנסת חידושים בחינוך, ובמיוחד חידושים הכרוכים בטכנולוגיה. חידושים בחינוך שהיו מבוססים על הכנסת טכנולוגיה חדישה, כמו מקרני שקפים ושיקופיות, זוכים בארה"ב עד היום לשימוש מועט אך יציב. לעומת זאת הרדיו והטלביזיה החינוכיים, שנדחפו חזק מאד קדימה עד ידי היצרנים והמשווקים, התחילו (כמו בעניין המחשבים) בפרץ של התלהבות רבה ותקוות וציפיות גדולות. אולם הללו התקררו לאחר שנים אחדות וכיום כמעט ואינם בשימוש בבתי הספר. בחקר של רפורמות (לאו דוקא טכנולוגיות) בחינוך במאה השנים האחרונות היה המימצא העיקרי – שלאף אחת מהרפורמות הללו לא היה אפקט משמעותי (מבחינת מספר בתי הספר שאימצו אותו) ומתמשך (מעבר לתקופת הניסוי) לגבי תפקיד המורה ושיטות ההוראה. וכך, מרבית ההוראה כיום דומה למה שהיתה לפני 100 שנה – הוראה פרונטלית כשהמורה משמש כמעביר החומר העיקרי. המחקר ההיסטורי מראה כי מרבית השינויים בחינוך נכשלו משום שדרשו מהמורה מאמץ מוגבר מבלי שהראו שיפור משמעותי בלמידה וגרמו בכך להתנגדות סמויה של המורה לשינוי. לפיכך, תנאים הכרחיים כדי שרפורמה תתמסד בבית הספר הם – הימנעות משינויים קיצוניים בתפקידו של המורה, ותועלת־לעומת־עלות גבוהה מבחינת דרישת השקעת זמן ומאמץ של המורה. נוסף לכך, כדי שמכשיר טכנולוגי יאומץ על ידי מורים, הוא צריך לתת שליטה מלאה בידי המורה להפעלה גמישה ומרובת אפשרויות – כדי להתאימו לכיתה המסויימת ולתנאים המסויימים. המכשיר צריך להיות נוח ופשוט לשימוש למורה, זמין ומהימן בהפעלתו, וכמובן בעל ערך פדגוגי, כך שיתרום לעבודת ההוראה השוטפת.

לדעתי, מרבית תוכנות המחשב הלימודיות הנמצאות בשימוש בבתי הספר בארה"ב וגם בארץ כיום אינן עונות על דרישות אלה. עקב חוסר אחידות באופן הפעלתן הן דורשות מהמורה להקדיש זמן ללמוד להפעיל כל אחת מהן בנפרד, אינן גמישות במידה המספקת לאפשר התאמה פשוטה לכיתות בעלות שונות ברקע, יכולת ומוטיבציה של תלמידים ולמורים בעלי סגנונות עבודה שונים, ובחלקן אינן נקיות מ־bugs. אמנם רבות הלומדות היצירתיות והנראות כבעלות ערך פדגוגי רב אולם בדרך כלל עיצובן ופיתוחן לא בוססו על מימצאי מחקרים של יעילות "חומרי הוראה" והפעלתן בשדה אינה מלווה במחקר ובשיפור מתמידים, ולפיכך לא ידועה מידת ערכן ללמידה. נוסף לכך, מרביתן "נקודתיות" ובכך מקשות על המורה את שילובן בתכנית הלימודים ובשימושן היומיומי בתנאים הקיימים. אולם, גרועים ממצב הלומדות הינם תנאי ההפעלה הקיימים של מחשבים בבתי הספר, שאינם מאפשרים לדעתי השגת תועלת לימודית לכלל הגדול של התלמידים. אני מאמינה כי הסיטואציה של מורה יחיד לכיתת 30–40 תלמידי בי"ס יסודי אשר לומדים עם מחשבים אינה יכולה להביא תועלת לימודית למרבית התלמידים המשתתפים בסיטואציה זו. נסיוני הממושך בתצפיות של ילדים הלומדים עם מחשבים מורה כי

עצם הישיבה מול מחשב עם לומדה מתאימה ואפילו תהיה מאד אטרקטיבית ללומד, ואפילו יהא התלמיד מרוכז בעבודתו ונראה כנהנה ממנה, עדיין אינה מבטיחה שהתלמיד אכן מפיק ממצב זה תועלת לימודית או אחרת כפי המתוכנן כמטרת הלומדה.

אחד התנאים ההכרחיים כדי שתתרחש למידה יעילה הוא עזרה, פיקוח ועידוד מתמידים, ב־ וחד לתלמידים הבינוניים והחלשים, תוך כדי העבודה במחשב. ואכן יש עדויות מחקריות כי מרבית התלמידים, אפילו ברמה על־תיכונית, אינם מסוגלים לקחת אל עצמם את האחריות ללמידתם וזקוקים לדחיפה, להכוונה ולעזרה מקצועית גם בעת למידתם בעזרת המחשב, לא כל שכן, נכון הדבר לתלמידים ברמות בי"ס נמוכות יותר. בתנאים



הקיימים, המורה היחיד במעבדת המחשבים אינו יכול לספק עזרה זו.

במיוחד מקשה על המורה השימוש במיקרו־מחשבים שאינם מרושתים או עם תוכנות שאינן כוללות ניהול למידה, כי אז עליו לדאוג לדיסקט לכל תלמיד, לטיפול בבעיות טכניות של הטענה וכדו', לאיבחון ומיון של החומר שיש לתת לכל לומד בנפרד ועוד. אם משתמשים בלומדות "נקודתיות" שזמן השימוש בהן מוגבל – יש לדאוג לתעסוקת התלמידים המסיימים את העבודה לפני האחרים. נוסף לכך, חלק מהמיקרו־מחשבים או הציוד ההיקפי אינם מהימנים ומתקלקלים או שהם נתקעים לעיתים מזומנות. אפילו במערכות המחשב המנהלות את למידת התלמידים ואשר כל תלמידי הכיתה עובדים בהן בו־זמנית (כמו תוא"ם וסמ"ל) – מצב המקל על עבודת המורה, אין חסרות בעיות ולומדים רבים אינם מפיקים את התועלת הלימודית האופטימלית האפשרית. גם כאן המורה אינו יכול לטפל בו־זמנית בבעיות הלומדים בזמן העבודה עם המחשב. לא נמצאה עדיין דרך טובה להתאים במערכות אלה את החומר המתורגל במחשב לחומר הנלמד בכיתה מבלי להכביד על המורה. יש גם עומס גדול מאד על המורה מחוץ לחדר המחשב, כדי לטפל בצורה טובה בבעיות הלימודיות המתעוררות בעקבות התירגול במחשב. גם כאן אין מפעילי המערכות משתמשים במחקרים לשם קביעת שיטות אופטימליות לתכנן ולהפעלה ואינם מנצלים באופן מקסימלי את יכולות המחשב כדי להקל על המורה.

לסיבות אלו משקל מהותי בדחיית אימוץ המחשבים ע״י המורים להוראה שיתטית. עומס היתר הטפל על המורה בעבודה עם המחשבים כפי שהיא כיום, מתבטא באספקטים שונים של תגובת המורה.

לדוגמה, הנסיון בהפעלת מערכת תוא״ם מראה כי המורים אינם מנצלים את דוחות המחשב השבועיים המדווחים על מצבו של כל תלמיד כדי לשנות פרמטרים הקשורים להפעלת המערכת (כמו שינוי רמה, הגבלת או תוספת זמן לתגובה, מסלולי תירגול, וכדו׳), או כדי לטפל בבעיות המאובחנות אצל התלמידים – כל זאת על מנת לשפר את התאמת העבודה במערכת לתלמיד הבודד. בדומה, מראה הנסיון שהצטבר בהפעלת מערכת סמ״ל כי מרבית המורים מעדיפים "תירגול אוטומטי" בו המחשב קובע את נושאי ורמת התירגול לכל ילד על פני "תירגול בנושאים" בו המורה קובע זאת.

נוסף לבעיות הלומדה, ההפעלה והמורים שהועלו כאן, יש בעיות נוספות המעכבות בעד הכנסת מחשבים לבית הספר:

בעית הכנסת שינויים למערכת: מערכת החינוך היא ארגון מורכב מאד וארגונים כאלה הם מטבעם שמרניים, "קשיחים" ועמידים בפני שינויים קיצוניים. בארגונים כאלה מופעלת התנגדות סמויה לשינוי הן ברמת המערכת, הן ברמת השלטון המקומי והן ברמת בית הספר.



בעיות חומרה: אלה נובעות מההטרוגניות ואי הקומפטביליות של מחשבים בבתי הספר, ממספר לא מספיק של מסופים, ומהתיישנות מהירה של החומרה. עקב קשיי תקציב לא ניתן לחדש את החומרה ולעקוב אחר ההתפתחויות הטכנולוגיות המהירות. גם ההשקעה העצומה בפיתוח הלומדות מקשה על החלפת המחשבים. וכך, המיקרו־מחשבים בבתי הספר שונים מאד מאלה המצויים כיום בשימוש בשוק החופשי. קומודור 64, ומשפחת Apple II הם השולטים בבתי הספר בארה״ב, בקנדה ובארץ, על אף היותם מייצגים זיכרון קטן יחסית (64K-128K). זאת, עקב כך שנרכשו לפני שנים מעטות, אלפי תוכנות ולומדות פותחו עבורם, ולא ניתן להחליפם.

בעיות מחיר: אמנם מחיר החומרה יורד, אולם הגורם היקר ביותר הוא מחיר פיתוח הלומדה המבוסס על שכר עבודה. הערכות שונות מציבות את מספר שעות העבודה (של מעצבים חינוכיים, מומחי תוכן, פדגוגים ומתכנתים) הדרושים לפיתוח של לומדה המיועדת לשעת לימוד ממוחשבת אחת בממוצע בין 50 ל־500 שעות. בעייתיות קיימת גם מסיבת אי־עבירות הלומדה ממחשב אחד למשנהו, המייקרת את השימוש באותה לומדה במחשבים שונים.

בעיות חברתיות: המחשבים גורמים לאנטי־שוויוניות – להגדלת הפער בין תלמידים מרקע חברתי־כלכלי נמוך וגבוה ובין בנים ובנות: סקרים בארה״ב מראים כי לבנים ולתלמידים מרקע חברתי־כלכלי גבוה יש יותר מחשבים בבית וכי הם משתמשים בהם פחות למשחקים ויותר לתיכנות מאשר בנות ותלמידים מרקע חברתי־כלכלי נמוך. נוסף לכך, בשעות בהם המחשבים בבתי הספר עומדים לבחירה חופשית של התלמידים (בהפסקות, לפני ואחרי הלימודים), משתמשים בהם בנים פי 3 יותר מבנות. אחוז גבוה בהרבה של בנים מזה של בנות בוחרים ללמוד בקורסים של תיכנות או כאלה המבוססים על שימוש במחשב. תופעות אלה גורמות לפער בהזדמנויות החינוכיות שיוביל לפער בהזדמנויות תעסוקתיות בעתיד.

בעיות בשילוב בתכנית הלימודים: כאמור, הגישה כיום היא בעד שילוב הלומדות ה"נקודתיות" והפתוחות במקצועות של תכנית הלימודים אולם עדיין אין דגם מוצלח הפועל בשדה, בו נעשה שימוש מושכל – מועיל ונבון מבחינה פדגוגית, פסיכולוגית וארגונית – בשילוב כזה. כמו כן, אין עדיין תיאוריה מגובשת על איך לעשות זאת.

בעיות בהשגת המטרות: מצפים שהשימוש במחשבים יקדם את כשרי התפיסה, הזיכרון, ההפשטה ואיסטרטגיות החשיבה של הלומד, אולם עדיין לא הוכח באופן אמפירי כי ניתן לקדם כשרי למידה בצורה משמעותית ובקנה מידה נרחב. נוסף לכך, כמו במהלך הלמידה המסורתית, תלמידים מציבים בלמידתם מטרות השונות ולעיתים אף מנוגדות למטרות של כותבי תכניות הלימודים. כדוגמה תשמש הוראת הלוגו כפעילות חקירה. פעילות חקירה והוראתה היא בכל מקרה משימה מסובכת. לפיכך, לא תמיד השיגו בשימוש בלוגו בבתי הספר את המטרות שהוצבו מראש. מחקרים מראים כי תלמידים התעניינו פחות בתהליכים החשיבתיים ומצאו יותר אתגר בהרגשת השליטה שמקנה להם העבודה בלוגו, בקבלת התוצאה הסופית ובמהירות הופעתה על הצג. דוגמה נוספת לפער בין הציפיות והמציאות היא: מצפים כי תלמידים יבינו טוב יותר מושגים המוצגים באופנים שונים בצורה סימולטנית אולם מסתבר שהצגה גרפית, למשל, אינה תמיד יעילה משום שתלמידים רבים אינם מבינים אותה ואינם יודעים לפרשה.

בעיות בהערכת השגת המטרות: עדיין אין יודעים – אין קריטריונים – איך למדוד שיפורים בכושר אינטלקטואלי, ובכך למדוד את האפקט החיובי של הלומדות המיועדות לשפר את כשרי הלומד.

לאור כל האמור לעיל, יש הטוענים כי טכנולוגית המחשב שפותחה במקורה לצרכים איסטרטגיים, תעשייתיים וכלכליים אינה בשלה עדיין לשימוש מיידי במערכת החינוך. לחץ של ההורים והקהילה גרם להכנסת המחשבים לכל מערכת החינוך בו־זמנית מבלי לבדוק מהי הדרך האופטימלית לעשות זאת. במקום זאת היה צורך להתחיל בקנה מידה מוגבל ולזהות במחקר אופני פעולה אופטימליים, מה הלומדות הטובות להשגת המטרות הרצויות וכדו׳.

מה צופן העתיד?

יש המתנבאים ש"מהפכת המחשבים" עדיין עשויה להתחולל, אם כי לא בעתיד הקרוב. מצפים כי המחשב הביתי יהפוך לכלי ההוראה העיקרי, כך שעיקר ההוראה תיעשה מחוץ לכתלי בית הספר. אחרים מתנבאים כי המחשב המשמש לצרכי הוראה ולמידה ימשיך לשכון בבית הספר אולם יצריך היערכות חדשה בתכלית. אולם מעבר לציפיות ל"מהפכה", יש להניח כי בתי הספר יהיו מצויידים בעתיד במחשבים רבים שישמשו בפונקציות מגוונות, שנטל גדל והולך של ההוראה, בעיקר של העברת הידע ותירגולו, יעבור מהמורה למחשב, שתהליך היחידנות בהוראה ילך ויגבר, שהמקורות העיקריים של מידע, לומדה ותירגול יהיו בשליטתו הגדלה והולכת של התלמיד, ושמיגוון הלומדות והפעולות מודרכות־מחשב יגדל ויתפתח. יושם יותר דגש על לומדות לפיתוח כשרים ועל התאמה להבדלים אישיים.

לדעתי, הדרך בה צועדת מדינת ישראל ביישום המחשבים במערכת החינוך לא תביא להשגת המטרה המרכזית המינימלית שהיא העלאת רמת ההישגים במקצועות היסוד של כלל האוכלוסיה ובמיוחד של האוכלוסיות החלשות. גם מטרות אחרות של יישומי המחשב בחינוך כמו קידום הכושר האינטלקטואלי של הלומד וחידוש פני ההוראה לא תושגנה בהיקף משמעותי. אם נקבל את העדויות ממחקרים בארה״ב שהובאו לעיל (ויש עוד רבות נוספות של הזמן האחרון), והיות ואין השימוש במחשבים בחינוך בישראל שונה באופן משמעותי מזה שבארה״ב, אין סיבה להאמין שהתוצאות כאן תהיינה שונות במידה ניכרת מהתוצאות הבלתי מעודדות המדווחות כיום מארה״ב. ייתכן שרק המטרה של הכשרת כלל התלמידים לעידן הטכנולוגי העתידי, ע״י רכישת מיומנויות השימוש במחשב ובכלים יישומיים אחדים, תושג אצלנו בחלקה. כמובן, יש קבוצות תלמידים אשר לגביהם השימוש במחשב בבית הספר יביא תועלת מרובה. אלה הם תלמידי החינוך המיוחד והתלמידים הטובים – בעלי מוטיבציה גבוהה ללמידה והלוקחים אחריות על למידתם. יש גם שימושים במחשב עם סיכויים גדולים יותר לאימוץ ע״י המורה ולשיפור הלמידה – ה"לוח האלקט־

רוני", המעבדות הממוחשבות וסימולציות אחרות – אם כי אין עדויות מחקריות לתרומתן לכך.

אין להסיק שיש להפסיק לאלתר את הפעלת המחשבים בבתי הספר. אני מאמינה **שהמחשב יכול להביא תועלת עצומה ללמידה בתנאים של שימוש נבון ביכולותיו ושילוב נכון של הפעלתו, יחד עם הפעלה מסיבית של כוח עזר אנושי.** יש ללמוד מכל הנאמר לעיל על הצעדים שיש לנקוט לשם השגת מטרה זו, והכרחי להפעיל למעשה את מסקנות הוועדות שקבעו את מיחשוב החינוך כפרוייקט לאומי.

להלן קווים מנחים אחדים שאני מציעה, על בסיס האמור עד כה, למטרת שיפור האפקט של יישומי המחשב בהוראה:

• יש לאפשר לתלמידים הטובים, בעלי מוטיבציה ללמידה, לעבוד באופן עצמאי עם התוכנות או עם הלומדות במתן עזרה מינימלית ולתת עזרה ותמיכה אינטנסיביות ע"י המורים לתלמידים הבינוניים והחלשים בעת העבודה במחשב ובכיתה. הכרחי לגייס כוח עזר (הורים, עוזרי הוראה, פנסיונרים) לעזרה לתלמידים ולפיקוח עליהם בעת העבודה במחשב.
• יש לעצב את התוכנות ולתכנן את העבודה עם המחשבים כך שתהיה נוחה, פשוטה וקלה למורה ותסיר ממנו מקסימום של פונקציות מינהליות.
• יש להפעיל את יישום המחשבים בבית הספר בתמיכת גוף חיצוני המתמחה בכך, שיהיה אחראי על כל האספקטים של ההפעלה הבית ספרית (כיוון זה מתפתח ומבוצע כיום בארץ).
• יש לפתח לומדות ותוכנות מתוך ראיה כוללת של המערכת ושל תכנית הלימודים, ולשלב את העבודה במחשב באופן אינטגרלי בהוראת המקצועות של תכנית הלימודים.
• יש לבסס את כל האספקטים של עיצוב ופיתוח תוכנות ולומדות, ושל אופן הפעלת המחשבים בבתי הספר על הידוע ממחקרים קודמים, ויש "לתחזק" באופן שוטף את הלומדות ולשפר את אופני ההפעלה של המחשב בבית הספר על בסיס מחקר שוטף של ביצועי תלמידים בשדה.

תודתי נתונה לאנשי החינוך הבאים שרואייטו לצורך הכנת מאמר זה:
עלית אולשטיין, גד אלכסנדר, מנוחה בירנבוים, נורית בנימין, שמואל בר, יהושפט גבעון, אורי גניאל, דן דייויס, דוד חן, מיכל ירושלמי, משה כהן, אורי לירון, זמירה מברך, דוד מיודוסר, רפי נחמיאס, גבריאל סלומון, יוסף שניר, אלעד פלד, גדעון צבס, טובה צירלין, יעקב קריב, אילנה שגיא, זהבה שורץ.
כן נתונה הוקרתי ליעל הורוביץ על תרומתה בעריכת החלק הארי של הראיונות.

הערה: רשימה ביבליוגרפית ניתן לקבל אצל המחברת.

שפות על-עיליות ומערכות נבונות להוראה

ד"ר אהוד בר-און, המחלקה להוראת המדעים, טכניון

תגובה למאמר של נירה חטיבה "מחשבים בחינוך"



יש הכוללים בנושא "מחשבים בחינוך" תחומים כגון: מינהל החינוך, שימוש לניתוחים סטטיסטיים של מבחנים, המחשב כלוח אלקטרוני, וכדו'. המשותף לתחומי שימוש אלו הוא שאינם מהותיים לתהליך החינוכי של קידום הלמידה, למרות שהינם שייכים מבחינה מערכתית למערכת החינוך. המעבדה למדעי הידע והלמידה (מיל) בטכניון פועלת כבר מספר שנים להגדרת מודלים תיאורטיים ללמידה בתיווך מחשב ולבניית מודלים חישוביים לבדיקתם. התפיסה המנחה הינה שמהות התהליך החינוכי הינה הסללת הלמידה של הלומד. הלמידה מוגדרת כשינוי בייצוג הקוגניטיבי של הלומד כתוצאה מהתנסות. המהותי להוראה הינו התיווך בין עולם הידע הנלמד והעולם הקוגניטיבי של הלומד. השאלה העיקרית אינה מה כוחו של המחשב לספק גירויים לתלמיד, אלא מה כוחו של סוכן התווך לנצלו ליצירת הטמעה והבניה מחדש של הסכימות הקוגניטיביות של הלומד.
לשם כך ננקטו 3 כיווני פעולה:

א. שימוש בשפות על-עיליות להוראת מדעי המחשב – במעבדת מיל נכתבת כעת מחצית תכנית הלימודים החדשה בהיקף 2 ו־4 יחידות. ביחידת הלימוד הראשונה, המופעלת השנה בבתי הספר בצורה ניסויית, מנוצלות תכונותיהן של שפת הגליון האלקטרוני, מסד נתונים ושפה גרפית להוראת מושגי יסוד במדעי המחשב, כמו גם לפתרון בעיות במתימטיקה, מדעי הטבע והחברה. גם היחידות הבאות שתפותחנה במעבדה (מבני נתונים, תיכנות מודרך אוביקטים) ייכתבו ע"פ מודל התיווך שפותח.

ב. מערכות נבונות להוראה – במערכות אלו נעשה התיווך ע"י המחשב, כאשר ה"תבונה" נובעת מיצירת מודל תלמיד המאפשר אדפטיביות. בתמיכת מל"מ, האקדמיה הלאומית למדעים והמועצה הלאומית למו"פ, מפותחות מערכות נבונות להוראת הסתברות, שפות על-עיליות ותכנון אסטרטגי. נעשה שימוש בייצוג ידע משולב (סימבולי–מעורפל) ולמידת מכונה של מודל התלמיד מתוך עבודתו בסביבה פתוחה.

ג. חינוך מיוחד – פותח מודל הוראת הסתברות לאוכלוסיה טעונת טיפוח וכעת מפותח מודל להוראת ניהול מידע לנער מנותק, בתמיכת הג'וינט. בניגוד להדגשה המקובלת של היבטים מוטיבציוניים ואישיותיים, מודגשת בתכנית לימודים זו יצירת סביבה מתורכת ברמה מושגית.

תקשורת



תקשורת נתונים בישראל

יורם אלסטר, יו"ר דירקטוריון חברת "בזק"

בארבעה העשורים שחלפו מאז הקמת המדינה ועד היום, חלו התפתחויות מרחיקות לכת בתחום המיחשוב ועיבוד הנתונים ובתחום תשתית הטלקומוניקציה ושירותי תקשורת נתונים. ניתן, לדעתי, לחלק תקופה זו לארבעה עידנים (שאינם חופפים דוקא את העשורים שחלפו) המאופיינים ע"י מידת השילוב של ההתפתחויות בטכנולוגיות אלה וקצביהן.

בתחום עיבוד הנתונים התרחש עד אמצע שנות ה־60 מעבר הדרגתי ממערכות קונבנציונליות שונות למחשבים אלקטרוניים. תשתית הטלקומוניקציה נשענה אותה עת על מערכות אנלוגיות בדרגות תיחכום שונות ושימשה, נוסף לשיחות טלפון, לשירותי טלקס.

רק באמצע שנות ה־60 הופיעו הניצנים הראשונים של תקשורת נתונים. בשנת 1967 הופעל בישראל המודם הראשון, ששימש להעברת סימנים במהירות של 2400 באוד, בין ת"א והפקולטה לחקלאות ברחובות. בשנת 1968 הופעל קו דומה בין אוניברסיטת תל־אביב וחיפה. רשת ענפה יותר של קוי תקשורת נתונים הוקמה ע"י ממר"ם בשנת 1968, היא מנתה כמה עשרות קוים במהירות של 200 באוד, אשר סופקו ע"י משרד התקשורת.

בשנת 1971 הופעל הקה"ן (קו העברת נתונים) הבינלאומי הראשון בין שדה התעופה לוד למרכז CITA בלונדון – בקצב של 1200 באוד.

בהמשך שנות ה־70, עד ראשית שנות ה־80, חלה חדירה נרחבת למדי של מחשבים אלקטרוניים בכל תחומי המשק. במקביל הותקנו מאות קוים להעברת נתונים במיגוון מהירויות (בדרך כלל בין 200 באוד עד 9,600 סיביות בשניה, אך במקרים בודדים מיוחדים גם בקצב של 40,800 סיביות בשניה). במגזר הבנקאי הופעלו אותה עת מסופים לשירות עצמי ע"י לקוחות, שקישורם נעשה באמצעות מודמים מתאימים ונלנ"ים להעברת נתונים. בראשית שנת 1982 פעלו במדינת ישראל כ־2,000 קהנ"ים.

במהלך שנת 1982 הותקנה בישראל רשת מיתוג מנות. רשת זו – שניתן לה השם **ישראנת** – תומכת בקישורים קבועים בתקן X.25 (המנוי מחובר למערכת באמצעות קו נל"ן לצומת ישראנת הקרוב, הוא תופס כניסה ויש לו אפשרות להעביר תנועה דו־כיוונית) או בקישורים בחיוג (לציוד אסינכרוני). ישראנת משמשת כשירות ממותג להעברת נתונים במנות.

במשך 5 שנות קיומה הוכנסו לרשת זו שכלולים ושיפורים רבים. נוספו נקודות גישה והיא מאפשרת קשר אל מאגרי מידע שונים בארץ ובחו"ל. ישראנת קשורה לכ־40 רשתות מיתוג מנות ברחבי תבל. בסוף שנת 1987 היו לרשת ישראנת כ־1,400 מנויים פעילים ברחבי המדינה וכמות התנועה בה הגיעה לכדי 35,000 אלפי סגמנטים בחודש.

המאפיין עידן זה הוא היות רשת תקשורת הנתונים מבוקרת־מחשב. זאת במקביל לחדירת הטכנולוגיה הדיגיטלית לתשתית הטלקומוניקציה, והסבת מערכות המיתוג ומערכות התמסורת מן הטכנולוגיה האנלוגית ההולכת ומתיישנת אל הטכנולוגיה הדיגיטלית החדישה.

בעת ובעונה אחת נוספו קוי העברת נתונים (קהנ"ים) רבים, באמצעותם מבוצעת העברת נתונים בעזרת מודמים, ובסוף 1987 הגיע מספרם של אלה לכ־8,000.

בשלהי שנת 1987 הקימה חברת "בזק" שירות תקשורת נתונים חדש ומתקדם. שירות זה, המכונה **סיפרנת**, הינו למעשה מעין "רשת פרטית" בתוך תשתית התקשורת הספרתית הציבורית. הוא נועד בעיקר לתת מענה לצרכים ספציפיים של ארגונים גדולים, הזקוקים לכמות גדולה יחסית של קוי העברת נתונים, בפריסה ארצית ובקצבים גבוהים. השירות מנצל את תכונותיה של תשתית התקשורת הספרתית ההולכת ונפרשת ברחבי המדינה, ומאפשר כאמור לצרכנים המעונינים והזקוקים לכך שימוש בקוי העברת נתונים, בעלי איכות גבוהה, בקצבים של 56/64 קס"ש.



עידן חדש זה, בו מוצעים שירותי תקשורת נתונים מתקדמים ומשוכללים בין מרכזי מחשב שונים, וכן בין מסופים ו/או מחשבים אישיים מגוונים לבין מחשבים מרכזיים, מאופיין בשילוב שבין מערכי תקשורת ומחשבים. מערכות המחשבים השונות מסתייעות ברשתות התקשורת לצורך ביצוע פעולות עיבוד נתונים מרוכזות ומבוזרות, ואילו תשתית התקשורת המשמשת לצרכים אלה מבוססת כל־כולה על אלמנטים ממוחשבים. האינטגרציה בין המיחשוב והתקשורת היא איפוא עתה מוחלטת.

חברת "בזק" שוקדת על יישום החידושים הטכנולוגיים בתשתית הטלקומוניקציה שהיא מופקדת עליה במדינה, ופיתוח אפשרויות שימוש מגוונות לתועלת המשתמשים השונים. במסגרת זו מתעתדת חברת "בזק" להוסיף, בזמן הקרוב, לרשת ישראנת נקודות גישה (access points) נוספות, על מנת להקל על קישור מנויים לרשת בכל אתר ואתר; תוכנה חדשה לבקרת גישה (TAMS); קישור בחיוג במודמים תוך תיקון שגיאות לפי פרוטוקול MNP; הרחבת מערך המרת פרוטוקולים על מנת לאפשר גישור לקוחות המשתמשים בסוגי ציוד שונים ברשת אחת; אפשרויות קישור מנויי ישראנת לרשת הטלקס, הטלטקס והוידיאוטקס, ועוד.

חברת "בזק" עומדת להציע בקרוב ללקוחות המעונינים בכך קוי תקשורת בינלאומיים בקצבים גבוהים גם בטכנולוגיות תקשורת לווינים מתקדמות.

אנו עומדים עתה בפתחו של עידן ה־ISDN. "בזק" נערכת ליישום הדרגתי של טכנולוגיה זו, תחילה באופן נסיוני, באיזור מסוים בארץ, ובהמשכו הרחבת הפרישה והשימושים, על סמך לקחי הנסיון שיצטבר.

מיחשוב ותקשורת, שעד לפני כעשרים שנה התפתחו עצמאית וללא כל קשר, סייעו והסתייעו הדדית בעשור הקודם, משתלבים זה בזה בעשור הנוכחי, ואמורים להפוך למעשה לטכנולוגיה משותפת שתעמיד לרשות הציבור וגורמי המשק השונים, שירותי תיקשוב משוכללים ומתוחכמים. חברת "בזק", שהיא המוביל הלאומי של התקשורת בהיותה הנושא (carrier), נערכת לשמש גם מוביל לאומי כחלוץ־נושא הקידמה הטכנולוגית. חלוץ המאיץ, מקדם ומדרבן פיתוחן ויישומן של אפליקציות חדשות בתחומי התיקשוב; חלוץ המציב אתגרים ומסייע לתעשיה המקומית להשתלב בין המתקדמות שבמדינות תבל בייצור ציוד, בפיתוח תוכנה וביישום אפליקציות מתוחכמות, לתועלת המשק וכלל ציבור הצרכנים.


משפט

המיחשוב במשרד המשפטים

מנחם בנדל, מנהל המח' למיכון במשרד המשפטים

בימים אלה, תוגש להנהלת משרד המשפטים תכנית מיחשוב רב־שנתית בהתאם לעקרונות שעיצבה ההנהלה ועיקריה הם:

– ייצוב ועיצוב המערכות הממוחשבות במשרד, תוך חתירה לאחידות הציוד וכלי התוכנה.
– הקמת מאגרי מידע משפטיים ונושאי זכויות ברמת נגישות גבוהה לציבור המשפטנים ולציבור הרחב.
– המשך פיתוח מערכות מינהליות ידניות.

כברת דרך משמעותית עשה משרד המשפטים בעשור האחרון בנושא המיחשוב באשר אין כיום אגף, מחלקה ומדור, שהמחשב בעוצמה כזו או אחרת לא חדר אליו ומשמש כלי עבודה בסיסי. (ראה תרשים פריסת המיחשוב במשרד המשפטים).

משרד עתיר יישומים

ריבוי האפליקציות המיחשוביות המצויות במשרד המשפטים העמידוהו בין המשרדים עתירי המיחשוב במדינה.

במשרד המשפטים "אקלים נוח" ליישום המיחשוב שכן, המודעות למיחשוב בקרב ציבור העובדים מכל הרמות ומכל תחומי העבודה גבוהה ומקיפה, תופעה שיצרה דינמיקה של "ביקוש למיחשוב" שהלכה וגברה במשך השנים.

דינמיקה זו, אף אילצה לא פעם את מקבלי ההחלטות להיענות לדרישות "השדה" להציב פתרונות מקומיים, גם כשהם לא עמדו במבחן צרוף של תפיסה כלל מערכתית.

אכן, היקף הפעילות המיחשובית הקיים במשרד המשפטים רחב ומרשים בפני עצמו, למרות אילוצי העתים בתקציב ובמשאבי אנוש. ברם, היישומים הקיימים והחומרה שבאמצעותה הם פועלים שייכים מזה זמן, לדור הקודם של הטכנולוגיה המיחשובית והם חייבים להתחדש על־מנת שיענו לדרישות המשתמשים ולצרכים של שנות ה־90.

הפעילות בתחום המיחשוב במשרד המשפטים, קיבלה משנה תנופה בשנה האחרונה. הנהלת המשרד העמידה בראש סדר קדימויותיה את נושאי המיחשוב, מתוך הכרה וידיעה שרק בהם ערובה להגברת תפוקות המשרד, להתייעלות ולשיפור משמעותי במתן השירותים לאזרחי המדינה והעמקתם.

שכן, מרבית היישומים הקיימים ואלה שייושמו בטווח הקצר והארוך, "תוצריהם" באים להבטיח מיידית ולתמיד את זכויותיהם של אזרחי המדינה, מחד גיסא (במקרקעין, בחברות, בפטנטים וסימני מסחר ועוד) ואת נושאי החקיקה ואכיפת המשפט, מאידך גיסא.

יעדים

יעדי המיחשוב של משרד המשפטים:

- הקמת מאגרי מידע מרכזיים ופתיחתם לעיון הציבור.
- שיפור השירות לאזרח.
- יעילות בעבודה.
- הקפדה על שלמות החומר ודיוק באמינות הנתונים.
- הטמעת המיחשוב בכל אגפי ומחלקות משרד המשפטים תוך העברת מרבית העבודה מן "הנייר" אל המחשב.
- טיפול מרכזי ואחיד בכל נושאי המיחשוב במשרד המשפטים.

התיק והמידע

יחידת העבודה המאפיינת את משרד המשפטים היא "התיק הבודד" המכיל עולם ומלואו, מסה אדירה של מידע רגיש, הן מבחינה אנושית והן מבחינה כלכלית.

כל פעילות במשרד המשפטים מתחילה בפתיחת תיק, המחייב: תיוק המידע, שמירתו ואבטחתו לאורך עשרות שנים, מעקב, איחזור ושליפת מידע, איתור זמין ומיידי ובמרבית המקרים נגישות לאזרחי המדינה לעיין במידע בכל עת (רישום והסדר מקרקעין, חברות, פטנטים וסימני מסחר, מאגרי מידע ועוד) וכן מתן אפשרות לאזרח הבודד לעיין ולקבל מידע המתייחס לזכויותיו הוא (במשפט, במועצת רואי־חשבון ובמועצת השמאים, באפוטרופוס הכללי וכונס הנכסים הרשמי, בסיוע המשפטי ועוד).

טיפול במיליוני רישומים לא ייתכן ללא איחסון במדיות מגנטיות ותיפעולם באמצעות המחשב.

כדי לאפשר טיפול נאות, יעיל, אמין וזמין ב"תיק הבודד", להבטיח את האספקט המשפטי, יש צורך במקביל במאגרי מידע משפטיים; חוקים וחוקי עזר, תקנות, הנחיות היועץ המשפטי לממשלה, פסקי דין, כתבי־עת, חוות דעת ועוד, לצורך איחזורם באמצעים טכנולוגיים חדישים.

תפיסת המיחשוב

המבנה הארגוני של משרד המשפטים מכתיב לכאורה את תפיסת המיחשוב והניהול.

המאפיין העיקרי של המבנה הארגוני של המשרד (ראה תרשים 1) הוא שבקודקוד המערכת ההנהלה הראשית כשבתווך הנהלות של אגפים/מחלקות ולכל הנהלה לשכות הפרוסות גיאוגרפית ברחבי הארץ (מהצפון –נצרת. עד הדרום – באר־שבע).

כאמור, המבנה הארגוני מהווה את נקודת המוצא לתפיסת המיחשוב של המשרד, שהיא, מחשבים מרכזיים בעלי עוצמת מיחשוב במרכזי ההנהלות, שיענו על תיפעול מאגרי המידע הדינמיים, על פונקציות המשרד הממוחשב ועיבוד התמלילים. מחשבים מחלקתיים ו/או סופר־מיקרו־מחשבים בלשכות, שיתנו מענה לתיפעול מערכות מקוונות או עצמאיות הקשורות למרכז בגזירת חלקי קבצים ונתונים.

אצל משתמשי הקצה יוצבו תחנות עבודה חכמות – מיקרו מחשבים, לביצוע מטלות שוטפות, כאשר מאגרי המידע שקופים עברם, בין שהם מאוחסנים במחשב המחלקתי או המרכזי. כלומר, ביזור הציוד, מחד גיסא, ותיפעול מאגרי מידע מינהליים ומשפטיים מרכזיים ו/או מבוזרים (הכל בהתאם לנשא הספציפי), מאידך גיסא.

תפיסת המיחשוב, שעקרונותיה נגזרים מהמבנה הארגוני, מותנת בתשתית תקשורתית ארצית. שכן, למרות שאין כל קשר פונקציונלי ומהותי בין מרבית המערכות עליהם מופקד המשרד, כלומר אין צורך בשילוב (אינטגרציה) ברמה גבוהה בין המאגרים השונים, הרי, חייבת להיות מוטת שליטה, בקרה ופיקוח על ההנהלות, גם כשהפעילות והנתונים יהיו בלשכות הפרוסות בארץ.

רשת התקשורת הממשלתית, כאמור, מהווה פריצת דרך ופתרון בנשא חיוני זה.

מאפיין נוסף לתפיסה המיחשובית הרווחת במשרד המשפטים נעוץ בעובדה, שמירב המערכות המנהלות כיום מוגדרות, מאופיינות ומעוגנות בחוקים ובתקנות שהם בסיס עיקרי לפעילות המערכות הממוחשבות.

המערכות, איפוא, חייבות להוות אספקלריה של החוקים והתקנות שלתפוקותיהן מגמה אחת, שמירה מתמדת על זכויותיו המגוננות של האזרח.

טיפוסי מערכות – משרד המשפטים

ביסוד התפיסה המיחשובית של משרד המשפטים ניתן לזהות שני אבי טיפוס של מערכות:

א. מערכות מרכזיות

מערכות מרכזיות שתופעלנה על גבי בסיס נתונים אחד, כאשר עקרון ריכוז הנתונים בו הוא חד־משמעי (מבלי להתייחס לפרמטר של חסכון במשאבים, בטיחות המידע ועוד) ואילו תפוצת השימוש בו תהא רחבה מאוד

זמינה לציבורים פנימיים וחיצוניים של משתמשים.
המערכות המרכזיות הינן:

- מאגר מידע משפטי
- מאגר רשם החברות
- מערכות כספיות:
  - אגף האפוטרופוס הכללי והכונס הרשמי
  - אגרות נטריונים
  - אגרות שומרים וחוקרים
  - אגרות שמאים
  - אגרות רואי־חשבון
- מערכות מינהליות
  נושאי בחינה:
  - בחינות רואי־חשבון, בחינות שמאים
- מאגר פטנטים
- מאגר סימני מסחר
- מאגר חנינות

ב. מערכות נושא מבוזר

מערכות נושא מבוזר (מאגרי מידע מבוזרים), כאשר לכל לשכה בסיס נתונים משלה, הפועל תחת תוכנה יישומית אחת שפותחה לנשא ע"ג מחשב מחלקתי ו/או סופר־מיקרו־מחשב. כל הלשכות הכפופות להנהלה המרכזית מחוברות אחת לרעותה כשבהנהלה מחשב מרכזי ו/או ההנהלה חלק מהמערך התקשורתי, ואף לה מחשב מחלקתי מתוגבר.

- אגף רישום והסדר המקרקעין (טאבו)
- אגף שומת מקרקעין (בבדיקה עדיין)
- אגף האפוטרופוס הכללי והכונס הרשמי
  - מערכות מינהליות
- המחלקה לסיוע משפטי
- פרקליטות המדינה ופרקליטויות המחוז

תחילת הדרך אצל רשם החברות

הפעילות הממוחשבת במשרד המשפטים החלה באגף רשם החברות בסוף שנות ה־60, בנשא אגרות באמצעות הכרטיס המנוקב. כיום, אחרי מחצית יובל שנים, ב־1987 הוצב מחשב MICROVAX II עם נפח איחסון של 900MB זכרון חיצוני, המאפשר לרשם החברות לבצע את מלוא הקשת הרחבה של פעולותיו; יצירת עובדות משפטיות חדשות ומימוש עיקרון הפומביות.
ניתוח ואיפיון תמציתי של נושאי עבודת רשם החברות, משקפים נאמנה את מרבית היישומים הנוספים הפועלים במשרד המשפטים ושיצוייננו בהמשך.
עיקרי הפעילות של רשם החברות:

- רישום וקליטת חברה חדשה.
- רישום שיעבודים ועדכונם.
- גבית אגרות ואגרה שנתית.
- בחינה ורישום החלטה (מתן תוקף משפטי).
- טיפול בפירוק חברות מרצון.
- בחינה ורישום הגדלת הון.
- תגובות לבתי־משפט בבקשות משפטיות.
- בחינת מסמכים המוגשים על־ידי החברות וקליטתם.
- שירות לקהל – עיון במסמכים, בדיקת בקשות להעתקים ועוד (עקרון הפומביות).

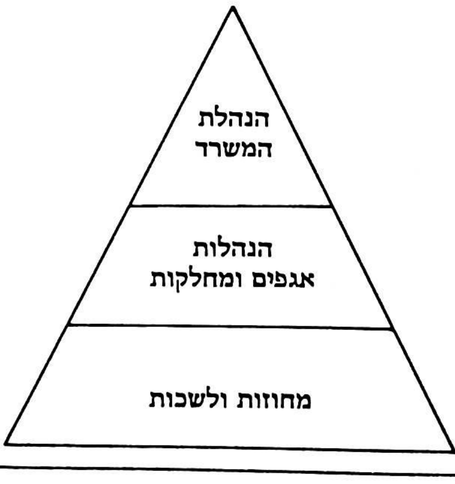
יישום זה שפותח באמצעות חברת מל"ם (לאחר עשר שנים שתופעל במחשב המרכזי שלה), מאפשר לרשם למלא במחשב המוצב בחדרו את תפקידו, כפי שהחוק מחייב, ולהשיג את יעדיו.
השגת יעדיו של רשם החברות, המשקפים את עיקרי היעדים שהושגו ביתר היישומים:

- קיצור משך זמן הרישום.
- בקרה רצופה על הדיווחים של החברות, כפי שהחוק מחייב.
- ניהול מעקב אחר המסמכים והמידע.
- מעקב ותיאום כספי לתשלום האגרות.
- זמינות ונגישות למידע לציבור הרחב.

מאגר המידע של רשם החברות מהווה תשתית לפעילות הכלכלית במשק. ההישענות של גורמים ממשלתיים וציבוריים על המידע (כליתר המאגרים שבהקמה במשרד המשפטים כגון: טאבו, רשם מאגרי מידע, מידע משפטי, סימני מסחר ופטנטים) מאפשר כיום להציבו בפני כל דורש.
מתן אפשרות לכל גורם מורשה לעיין באופן ממוכן במידע נבחן בימים אלה וניתן להניח שתוך תקופה קצרה יתאפשר למשרד להציב כלים להתקשר אליו.
ההתפתחות הטכנולוגית של רשתות התקשורת בכלל ורשת התקשורת הממשלתית בפרט, מהווה פריצת דרך משמעותית במתן אפשרות להתחבר למאגר רשם החברות ובעתיד ליתר המאגרים, לכשיוקמו, לכלל הגופים במשק.
רשת ההתקשרות הממשלתית, בת מספר החודשים, יצרה אופציות חדשות ואף מהפכניות, שלא היו בעבר הקרוב, בקשר של הלשכות והמחוזות הפזורים ברחבי הארץ, עם ההנהלה והנהלות האגפים של משרד המשפטים בירושלים ויתר משרדי הממשלה. לא רחוק היום, וצרכני המידע הפזורים בכל רחבי הארץ יוכלו באמצעות רשתות התקשורת הארצית והממשלתית, לדלות מידע בביתם ממאגרי המידע של משרד המשפטים. הכל מותנה בהקצאת והבטחת המשאבים לתיפעול, פיתוח ואחזקת המתקנים והמאגרים הקיימים ואלה שיקומו.

להלן מספר יישומים נוספים המפותחים והפועלים היום במשרד המשפטים:

1. המבנה הארגוני של משרד המשפטים



המשרד הראשי

כל המסמכים המשפטיים, כולל חוות הדעת של היועץ המשפטי לממשלה, הטיעונים בפני בג"צ, אינדקסים וחוקים, בקשות עיכוב הליכים והמעקב אחר הבקשות ותשובות היועץ המשפטי לממשלה יחד עם עידכון המשטרה, מופקים ונאגרים במחשב, באמצעות מערכת עיבוד תמלילים.
הפקת מכלול המסמכים המשפטיים באמצעות המחשב מנוצלת ביעילות מירבית על ידי מרבית הפונקציות במשרד הראשי.
כיום, מצוי המשרד בתהליך החלפת המחשב, בניית תשתית תקשורתית חדישה והתקנת מחולל יישומים מהדור הרביעי. באמצעות כלי תוכנה זה יחל המשרד לפתח את תוכנת **איחזור המידע** המשפטי ולהקים את מאגר המידע המשפטי שיכיל את הפסיקה, החקיקה, טיעוני דין, ועוד, שעל הקמתם החליטה הנהלת המשרד.

פרקליטות המדינה

פרקליטות המדינה מייצגת את המדינה ואת רשויותיה בכל העניינים הפלילים, האזרחיים והמינהליים, בבתי המשפט על כל ערכותיהם. כן מייצגים הפרקליטים את המדינה בפני בתי־דין לעבודה וועדות שונות, לרבות בית־דין לעבודה, בית־דין משמעתי של עובדי המדינה, בית־הדין המשמעתי של לשכת עורכי הדין והמוסד לבוררות מוסכמת. נוסף לתפקידיהם המפורטים לעיל משתתפים פרקליטי המדינה גם בוועדות לעניני חקיקה וייעוץ.
עבודה זו מחייבת:

- מעקב יעיל ועדכני אחרי פרטי תיקים בפרקליטויות.
- מעקב יעיל של פרקליט המחוז על עומס עבודתם.
- לוחות זמנים ומועדי הופעה.

בימים אלו נחתם החוזה בין המדינה לחברת דיגיטל על מימוש המערכת, כפי שהוגדר במסמך מטעם המשרד. כתיבת התוכנה תבוצע ע"י חברת 2001 שירותי מערכות ומחשבים בע"מ, באמצעות מחולל יישומים X-FIX. הפיתוח וההטמעה של המוצר יבוצעו במהלך שלוש השנים הקרובות. בכל פרקליטות יוצבו מחשב ותחנות עבודה, שיאפשרו עבודה מקומית ועבודה בתקשורת למאגרי מידע פנימיים וחיצוניים, כמו משטרה, בתי־משפט וכדומה.

מערכת חנינות

מחלקת החנינות מרכזת חומר אודות עבריינים שלמענם הוגשו בקשות לחנינה מלאה, או להקל בעונשם על העבירה שביצעו; שיקולי בית המשפט בהטלת העונש עליהם, ועל משמעות העונש לגביהם ולגבי בני משפחותיהם. על סמך חומר זה מחווה שר המשפטים את דעתו בבקשות האמורות לנשיא המדינה.
המערכת הממוחשבת מרכזת את הבקשות לחנינה ואת החומר אודות עבריינים מגורמים שונים (בתי־משפט, משטרה ועוד), ומאפשרת למחלקה לעקוב בצורה ממוכנת

אחר התיקים ותהליכי העבודה.
הכרטסות והאינדקסים ההיסטוריים הוסבו לבקרה ואימות. המערכת תשולב בעתיד במערך המשפטי במשרד, בתכנית אף לחב־רה ללשכת נשיא המדינה.

אגף רישום והסדר מקרקעין (לשכת פתח־תקוה)

מערכת רישום המקרקעין הוקמה בתפיסה ריכוזית לפני תשע שנים והיא באה לאפשר לאגף לקבוע את הבעלות וזכויות הקניין על כל נכסי הדלא ניידי במדינה.
לאחר שהתקבלה החלטה ליישם את התפי־סה הביזורית בלשכות הרישום בארץ, עומ־דת מערכת זו להיות מוחלפת במערכת חדשה מקיפה וכוללת יותר. (הפיתוח יסתיים השנה).
המערכת החדשה והמורחבת תאפשר ללש־כות לבצע ביתר יעילות את הפונקציות הבסיסיות של עבודתן: ניהול פנקסי המקרק־עין, אישור עסקאות ויתר הפעולות במקרק־עין, רישום בתים משותפים, הסדר זכויות.

אגף שומת מקרקעין

אגף שומת מקרקעין עוסק בעריכת שומה לכל עסקת מקרקעין שהמדינה או אחד ממוסדותיה צד בה.
מערכת המיכון שפותחה מאפשרת:
- קבלת מידע זמין, עדכני, ובאיכות טובה על מחירי המקרקעין במדינה. המידע ניזון ממקורות שונים הכוללים עסקאות מס שבח, שומות באגף, וידיעות מן העיתונות.
- קבלת דיווח על שומות המאפשר מעקב מינהלי אחר עבודת השמאים והכנת נתונים לשכר עידוד.

מערכת זו עומדת להיות מוחלפת במערכת הדור הרביעי, בהיותה מערכת מיושנת, דבר שיאפשר בעתיד הקרוב העמקת איסוף נתונים, הרחבת מקורות המידע ואספקת כלי ניתוח מקצועיים לשמאי הממשלתי הראשי ולצוות עובדיו בכל הלשכות.

אגף האפוטרופוס הכללי וכונס הנכסים הרשמי

אגף האפוטרופוס הכללי וכנ"ר עוסק בפעילויות הבאות:
- טיפול בגילוי ובניהול נכסים עזובים, עפ"י חוק האפוטרופוס הכללי תשל"ח – 1978.
- מילוי תפקידי הכונס הרשמי על פי פקודת פשיטת הרגל ופקודת החברות.
- ייצוג היועץ המשפטי לממשלה בפני בתי המשפט ובתי הדין הדתיים בהליכים לפי חוק הירושה וחוק הכשרות המשפטית והאפוטרופסות, הכולל בחינה ומתן חוות דעת על בקשות ומסמכים המוגשים לבית המשפט.
- טיפול ברכוש חולי נפש.
- פיקוח על אפוטרופוסים אישיים.
- פיקוח על ההקדשות הציבוריים לפי חוק הנאמנות.
- שמירה בנאמנות על כספי פיצויים שלא נדרשו ע"י הזכאים להם, לפי חוק דיני הרכישה לצרכי ציבור.

המערכת הממוכנת נותנת בידי האגף:
- לנהל, לפקח, לבקר ולעקוב אחר הפעילות הכספית הענפה וההשקעות של האגף.
- לקבל מידע על הנדל"ן, פושטי הרגל, פי־רוק חברות וביצוע ביקורות ומעקב.
- לאגור מידע משפטי רלוונטי בנשאים המתייחסים לפעילות הדינמית של האגף.

למשרד תכניות להעמיק את המיחשוב באגף ע"י פיתוח תת־מערכות נוספות:
- מערכת פיקוח על אפוטרופוסים ומנהלי עזבונות.
- מאגר ארצי של נתונים בסיסיים בעניני צוואות וירושות.
- מערכת לכונס הרשמי.
- מערכת עזבונות לטובת המדינה.
- מערכת נתוני נדל"ן.
- מערכת למעקב והתערבות בענייני צוו־אות וירושות.
- מערכת מרכזית להקדשות.

מערכות רישוי

מערכת שומרים וחוקרים

מערכת זו מאפשרת את ניהול אוכלוסית השומרים והחוקרים במדינה, הפקת אגרה שנתית ומעקב אחר התשלום, כפי שמתחייב מהחוק. קיום קשר עם המשטרה, לצורך קבלת מידע על הרשעות.

מערכת רישוי נוטריונים

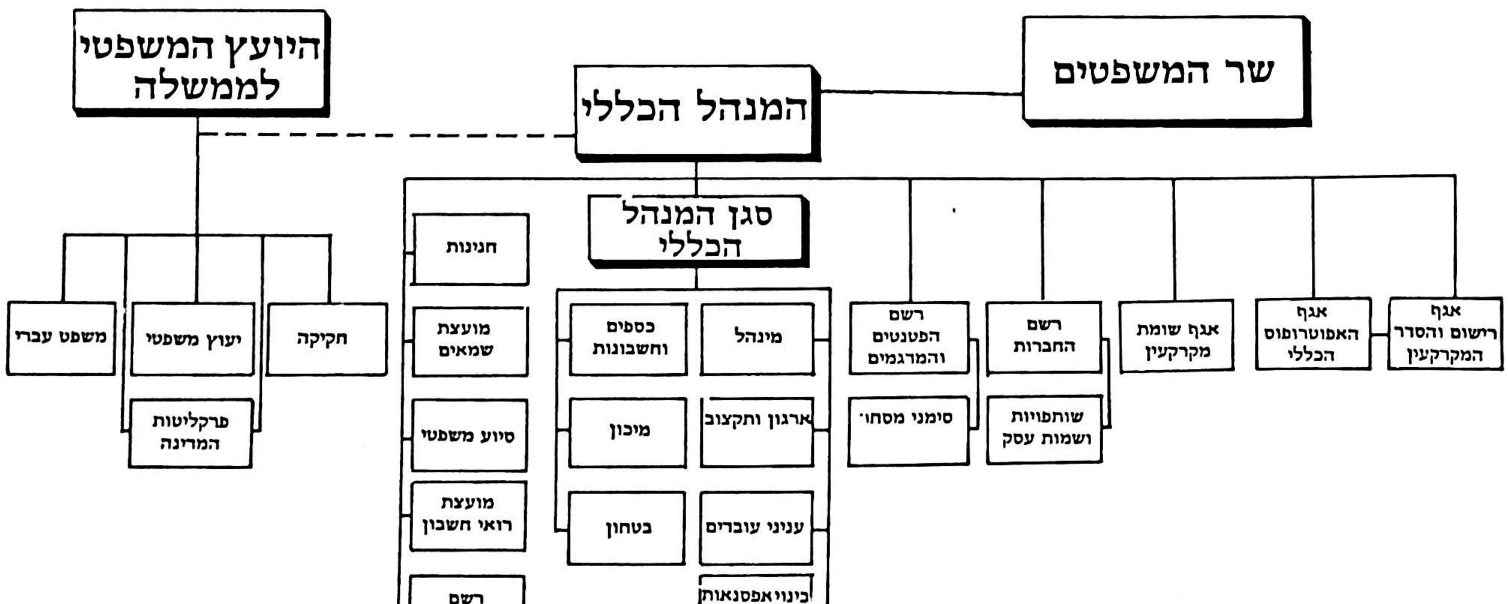
אף מערכת זו מאפשרת ניהול שוטף ועדכני אחר הנוטריונים במדינה, הפקת אגרות שנת־יות ומעקב אחר התשלום, כפי שמתחייב מהחוק.

מערכות מועצת רואי חשבון

- מערכת הנבחנים לראית חשבון
- מערכת המתמחים של רואי חשבון
- מערכת אגרות של רואי חשבון

מערכות אלה מאפשרות למועצה לנהל, לפקח ולעקוב אחר ביצוע המטלות, כפי שה־חוק מחייב, לכל שלוש תת־המערכות שלעיל, לאורך כל תהליכי העבודה.
מכלול הפעילות של המועצה מתבצע באמצעות תחנות עבודה מקוונות.
מערכת **רשם מאגרי מידע,** אף היא מנוהלת במשרדי מועצת רואי־חשבון.
בדעת המשרד לרכוש סופר־מיקרו־מחשב יעודי למועצה ולרשם מאגרי מידע, דבר שיגביר את תפוקותיו ויכולת הביצוע ויקטין את זמן התגובה לפונים לקבלת מידע.

היקף המיחשוב במשרד המשפטים וה־התפתחות העתידית המשתקפת מתפיסת המיחשוב שגובשה בהנהלת המשרד, מבטי־חים "עקב בצד אגודל" שילוב טכנולוגיות בכל הפעילויות המשפטיות והמינהליות במשרד לקראת שנת האלפיים, לרווחת העובדים וציבור אזרחי המדינה.



2. פריסת המיחשוב במשרד המשפטים

המחשב באוניברסיטאות – בפתח תקופה חדשה

רונית אדלר

לעולם האקדמיה הישראלי שמורה נקודת זכות בתהליך שהספיק כבר להפוך להיסטוריה – תהליך כניסת המיחשוב לארץ. בשנת 1954 עסק צוות חוקרים של מכון ויצמן בבנית מחשב הוויצאק, זאת כאשר המחשב האחר היחיד בארץ באותה תקופה היה "פילקו 2000" אשר נרכש על ידי הממשלה.

אולם, כאשר מבצעים סקירה של התפתחות המיחשוב במוסדות האוניברסיטאיים בארץ, ציון הדרך הראשון הוא דווקא אמצע שנות ה־60. בתקופה זו הוקמו מרכזי החישובים בטכניון (שנת 1963), באוניברסיטה העברית (אפריל 1965) ובאוניברסיטת ת"א (אפריל 1967). בשלב זה היו חוקרי האוניברסיטאות הגורם היוזם והדוחף להכנסת המחשבים. בטכניון היה זה פרופ' דוד גינצבורג ז"ל, ששימש באותה עת נשיא בפועל של הטכניון. באוניברסיטה העברית פרופ' יואל רקח ז"ל, פיסיקאי אשר הוא ועמיתיו היו המשתמשים העיקריים והכמעט יחידים במערכת. ואילו באוניברסיטת ת"א השתמשו החוקרים תחילה בשירותי המחשב של מכון ויצמן, עד אשר נקלט במקום המחשב הראשון שהגיע בספטמבר 1967.

החוקרים המשיכו להיות משתמשים דומיננטיים גם בתקופות הבאות, והיתה להם השפעה מכרעת על קביעת אופי מיחשוב האוניברסיטאות בארץ. ככלל ניתן לאמר, כי קצב ההתפתחות של מרכזי החישובים היה מותנה בקצב השימוש של הסגל האקדמאי. הצרכים האקדמיים הם אשר הכתיבו את תכניות ההצטיידות. מרכזי החישובים נוצרו מלכתחילה, והמשיכו לשמש כל העת, כגורם האמור לענות על שאיפתם של אנשי האקדמיה להישאר בחזית המחקר. זאת כאשר הצרכים המינהליים של המוסדות האקדמאיים כארגון לכל דבר, נדחקים לצד. המענה על אותם צרכים מינהליים שונים היה רק תוצר לואי, אותו סיפקו מרכזי החישובים.

מצב זה, של קביעת קצב הפיתוח על־פי צרכי המחקר נמשך עד לפני כ־5 שנים, אז החלו להיות מורגשים מגבלות ואילוצים תקציביים אשר בלמו את קצב ההתפתחות. משלב זה המשך הפיתוח נקבע על־פי היכולת התקציבית.

סקירה על הנעשה היום באוניברסיטאות מצביעה על כך שרובן קרובות לגבול העליון של אורך חיי המחשב, ואולי אף נמצאות מעליו. בירושלים, בה מוצב בגבעת רם CDC CYBER 855 ויבמ 4381 בהר הצופים, קיימת מצוקה של כח מיחשוב. במכון ויצמן מוצב יבמ 3081D ונשקלת אפשרות החלפה בקרוב.

גם בטכניון קיימת מצוקת כח־מיחשוב. במקום מוצבים CDC CYBER 835, ושני מחשבי יבמ 3081D אשר אחד מהם נרכש מיד שניה משיקולים תקציביים.

באוניברסיטת ת"א, לעומת זאת, המצב טוב יחסית. רכישה אשר נעשתה לפני כשנתיים העמידה את ת"א עם CDC CYBER 990E בעל יחידת העיבוד הוקטורית, ויבמ 150/3090. לדברי אבי כהן, מנהל מרכז החישובים של אוניברסיטת ת"א, ההצטיידות מאפשרת למכון ויצמן ולאוניברסיטת בר־אילן לדחות את ההצטיידות שלהם. בעקבות האילוצים הכספיים נוצר שיתוף פעולה חריג למדי. אוניברסיטת ת"א מספקת דרך רשת תקשורת את עודפי כח המיחשוב שלה לבר־אילן ולמכון ויצמן. הסכם ההתחשבנות הוא בתעריף של כ־10% מהעלות הריאלית.

אולם, עדיין נשארת בעיה מרכזית של מחסור בכח מיחשוב, המעמידה את המדענים הישראלים בעמדת נחיתות הולכת וגוברת מול עמיתיהם בארה"ב ובאירופה. מדענים אשר ההצטיידות מחדש של האוניברסיטאות בארצם צמודה לחידושים בחברות המחשבים, נהנים בהכרח מהשגת יתרונות במחקריהם. כאשר התקינו באוניברסיטת ת"א בשנת 1969 את ה־CDC 6600, שהיה מחשב־על, היא נמצאה בחזית הטכנולוגית. אולם מצב זה לא חזר על עצמו.

עם זאת, קרוב לודאי כי בעתיד הקרוב מאוד תיפתר הבעיה. לאחר דיונים, הנמשכים ללא תוצאות כבר שנים, נראה כי ההצלה מגיעה דווקא מכיוון חברות המחשבים. ההכרזה של קונטרול־דטה על מחשב־העל ETA במחיר של 1.5 מיליון דולר, במקום 5 עד 10 מיליון דולר קודם לכן, וההכרזה של חברת קונווקס מספר חודשים מאוחר יותר על מחשב־על במחיר כניסה של ½ מיליון דולר, הפכו את רכישת מחשב זה לאפשרית אפילו עבור כל אוניברסיטה בנפרד. כך נפתרו גם בעיות וסכסוכים אשר פגעו קשות באפשרות לקבלת החלטה במשך כל השנים. סכסוכים אשר נבעו משאלת מיקומו של מחשב־על אשר ייִרכש באופן משותף לכמה אוניברסיטאות.

בשלב זה הטכניון כבר מצטייד במחשב־על, בת"א קיים כבר כח חישוב וקטורי ב־CYBER 990. ההנחה היא כי תוך השנתיים הקרובות יצטיידו בכח מיחשוב כזה גם האוניברסיטה העברית ומכון ויצמן. רשת



תקשורת תאפשר שימוש בין-אוניברסיטאי בכח מיחשוב זה, כלומר, ניצול עודפים הדדי של מאגרי כח מיחשוב. בדרך זו ניתן לתכנן את ההצטיידות של כלל האוניברסיטאות בצורה היעילה ביותר.

רצון זה לשיתוף פעולה ולתכנון יעיל היה בזמנו הבסיס להקמת מרכז החישובים הבין-אוניברסיטאי (מחב"א) אשר היה אמור גם לתאם את תהליכי הפיתוח והרכש המשותפים. המרכז הוקם בשנת 1983 ביוזמת הועדה לתכנון ותיקצוב (ות"ת) שליד המועצה להשכלה גבוהה.

לועדה זו מעורבות בכל הקשור לנושא מיחשוב האוניברסיטאות. בדרך כלל, תקציב מרכז החישובים הוא חלק מהתקציב הכללי של המוסד. כל אוניברסיטה מתקצבת את מרכז החישובים בהתאם לסדרי עדיפויות הנהוגים בה. אישורי רכישה שונים עבור המרכז עוברים את פרוצדורת האישורים הרגילה, ודרך ועדת מחשב. מחצית המשתתפים בועדה זו הם אנשי מחקר, ואילו האחרים אנשי מינהל הקשורים לנושא וביניהם מנכ"ל האוניברסיטה, ראש אגף הכספים, ראשי פקולטות ומנהל מרכז החישובים. למרות שמנהל מרכז החישובים כפוף באופן ישיר למנכ"ל האוניברסיטה, הרי שכל החלטות הרכישה המקצועיות מתבצעות על ידי ועדת המחשב. יו"ר הועדה הוא תמיד איש אקדמיה, הנבחר בכל פעם מפקולטה אחרת. הגורם הממנה את היו"ר ואת הועדה כולה הוא הרקטור של האוניברסיטה.

נוסף לכך, כל רכישה של מחשב מתואמת גם עם ות"ת. הסיבה לכך היא שעל מנת לעודד את נושא המיחשוב, מקצה ות"ת לאוניברסיטאות סכומים נוספים, המתקבלים מן האוצר, מעבר לתקציב הרגיל. אומנם הסכומים אשר מעבירה ות"ת מהווים רק כ-10% מתקציב המיחשוב של האוניברסיטאות, אך סכום זה משמעותי מספיק על מנת לאפשר לועדה דריכת רגל בהחלטות המוסד, העמדת תנאי, שכל רכישה תיעשה בתיאום עם המוסד. בשנת 1987 היקצתה ות"ת כ-2.5 מיליון שקל. הקריטריונים לקביעת הסכומים המועברים לכל אוניברסיטה אינם ידועים ונעשים על-פי שיקולי הועדה, בהתאם לתכניות לטווח של 5 שנים, אותן מגישים המוסדות. בכל שנה מעדכנים את התקדמות הפיקוח, וכך מפקחת ות"ת על השימוש שנעשה בכספים.

תהליך הרכישה שאוזכר אינו כולל את הרכישה של מעבדות מיחשוב לפקולטות השונות, אשר נעשו פופולריות מאוד – בחלק מן המוסדות, כמו אוניברסיטת בן-גוריון או הטכניון, ביזור מערכות המיחשוב בפקולטות השונות הוא פרויקט מרכזי. באחרות, הקמת המעבדות תלויה ביוזמת הפקולטה, וממומנת מתקציבי מחקר, מתקציבים מיוחדים או מתרומות לפקולטה. תרומות ניתנות לעיתים באופן ישיר מחברות המחשבים עצמן.

אחד מן המאפיינים הבולטים של מיחשוב האוניברסיטאות הוא שיתוף פעולה עם חברות המחשבים, הבא לידי ביטוי בתקציבים להסכמי מחקר, בהעמדת ציוד ובהענקת הנחות חינוכיות. הפטור ממכס הקיים על ציוד מחקר מקל אף הוא. בעבר, כאשר היו מחשבים מרכזיים יקרים, היה שיתוף הפעולה מסוג זה קשה יותר, עתה יכולות החברות המסחריות להעניק מערכות שלמות של מחשבים אישיים או תחנות עבודה. האינטרס של החברות ברור, יצירת קשר עם דור העתיד. זו היתה גם הסיבה שיבמ אירופה הציעה לממן את הקמת רשת התקשורת הבין-אוניברסיטאית וקישורה לרשת התקשורת הבינלאומית. הצעה שלמעשה היתה הדחיפה הישירה והמיידית להקמת מחב"א.

למרות הדאגה השוררת בקרב גורמים מסויימים, עם התגברות ביזור המערכות, נראה כי לא ניתן וגם אין טעם, לעצור תהליך זה. בכל העולם מסתמנת מגמה דומה.

במחלקות למדעים מדויקים: מתימטיקה, פיזיקה, כימיה ומדעי המחשב, מסתמן כיוון ברור של הכנסת מחשבים פקולטטיים. הרצון להשתמש במערכות ההפעלה UNIX דירבן אף הוא את ההתפתחות בכיוון זה.

במדעים אחרים ההצטיידות היא בעיקר במחשבים אישיים, המחליפים את המסופים. אפילו השימוש במעבדי תמלילים המיועדים למחשבים אישיים נוח וידידותי יותר מזה הנמצא במחשבים גדולים. עם זאת, הכנסת המחשבים האישיים מלווה בדרך כלל בפריסת רשת תקשורת מקומית, המאפשרת את המשך השימוש בכח המיחשוב המרכזי, ואת הקשר לרשת התקשורת הבין-אוניברסיטאית.

כיוון הביזור בעתיד יהיה ככל הנראה החלפת המחשבים האישיים בתחנות עבודה בעלות כח מיחשוב מקומי ויכולת גרפית חזקה. מגמה זו לא תבוא באופן מוחלט על חשבון המחשבים המרכזיים הקלאסיים, אולם הצורך בהם יקטן עם הזמן.

ולשאלה המתבקשת על מקומו של מרכז החישובים בקונסטלציה מסוג זה, ההערכות הן כי מרכז החישובים יפסיק להיות מרכז. המושג החדש יהיה מערך המיחשוב אשר המאפיין המרכזי שלו יהיה רשת תקשורת חזקה ומתוחכמת, אשר תפזר את כח המיחשוב על-פי הצרכים. עמדתו החשובה של מרכז החישובים תישאר גם בשל שליטתו במערכות המינהליות של הארגונים.

האפליקציות הסטנדרטיות הנהוגות היום בכל האוניברסיטאות הן: מערך מירשם סטודנטים – זו המערכת הגדולה ביותר, המערכת לניהול כספי, מערך שכר, מערכת ניהול מלאי, כח-אדם, ומערכת אשר הותקנה לאחרונה – מערכת ניהול ספריות "אלף". זו פותחה על ידי הצוות של האוניברסיטה העברית והיא משותפת לכל האוניברסיטאות.

נסיונות לשיתופי-פעולה אחרים בנושא פיתוח תוכנה העלו כי הנסיון נעשה בשלב מאוחר מדי, והעובדות הקיימות בשטח יוצרות קושי בלתי אפשרי לביצוע. כך נמנעת האפשרות לאחד את הצוותים הגדולים למדי, האחראים לנושאי המינהל באוניברסיטאות השונות, באוניברסיטת ת"א, העברית ובטכניון, צוותים אלו היו כבר יחידות גדולות מספיק ולכן פוצלו ממרכז החישובים והן עצמאיות וכפופות באופן ישיר למנכ"ל האוניברסיטה. מרכז החישוב משמש עבורן כלשכת שירות. במקרה זה אנשי מרכז החישובים (בין 40 ל-50 איש) הם בעיקר אנשי מערכות הפעלה, מפעילים, אנשי תקשורת, טכנאים וכן יועצי מחשב לסגל האקדמי.

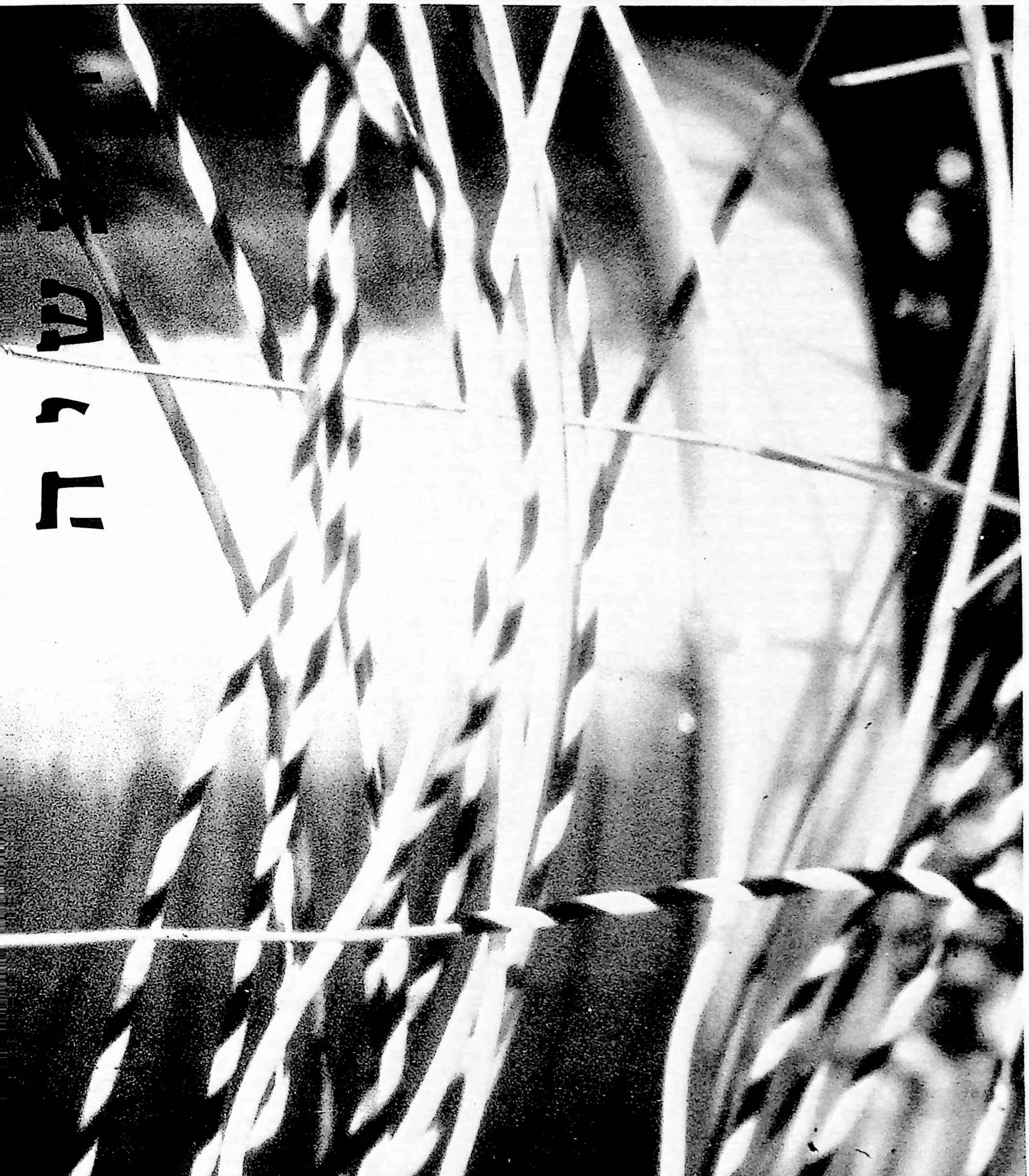
שיתוף הפעולה שקיים בכל זאת בנושא תוכנה בא לידי ביטוי בהסכמי רכש משותפים של תוכנה המשמשת דוקא את המחשבים האישיים המבוזרים.

שיטת העבודה שהיתה קיימת בעבר במרכזי החישובים היתה הקצאת זמן מחשב קבוע מראש למשתמשים, ללא גבית תשלום כלשהו. כיום מסתמנת מגמה לעבור לשיטת חיוב אמיתי, אם כי מסובסד, על שימוש בזמן מחשב. האוניברסיטה העברית, ת"א ובן-גוריון כבר פועלות כך, והשאר שוקלות אפשרות זו. המחיר כ-10% מהמחיר הריאלי, כלומר התמחיר של מרכז המחשבים. פקולטות אשר החוקרים שלהן מתחברים למחשב המרכזי מממנות כיום את עלות החיבור למרכז המחשבים, כולל הקו והמודם.

מספר המשתמשים

הגוף	סגל אקדמי	סטודנטים
מכון ויצמן	2000	
בן-גוריון	800	5500
חיפה	380	230
טכניון	1500	4500
האוניברסיטה העברית	1750	4000
ת"א	2000	5000
בר-אילן	1200	2500

מספרם של משתמשי רשת התקשורת מגיע לכ-6500, כאשר אין הבחנה בין סגל אקדמי לסטודנטים.



מחשבים בתעשיה

פרופ׳ ניב אחיטוב, אריק רגובסקי, הפקולטה לניהול, אוניברסיטת תל־אביב

יש הטוענים כי אנו נמצאים כיום בעיצומה של מהפכת המידע, או מהפכת המחשבים. כמעט לכל פעילות המתבצעת במהלך העסקים נעזרים במחשבים. חשבונות למיניהם, כמו חשבון חשמל ומיסים, מופקים באמצעות מחשבים, הפעילות הבנקאית נעזרת רבות במחשבים. במאמר זה נציג את אפשרויות השימוש במחשבים בסקטור התעשייתי, ואת הנעשה בתחום המיחשוב התעשייתי בישראל, כפי שבא לידי ביטוי במחקר שנערך בשנים 1985–1984.

בעית המידע במפעל תעשייתי

מאפיינים חשובים של ארגון תעשייתי הם דינמיות רבה, מספר גדול של מחלקות שונות, והתלות החזקה שקיימת ביניהן. כדי לנהל ביעילות מפעל תעשייתי יש לעיתים לאסוף נתונים ממחלקות שונות בארגון בזמן קצר כדי לקבל החלטה נכונה. ריבוי הנתונים ומקורותיהם יוצרים במפעל את בעית המידע כפי שתפורט להלן.

בעזרת ניהול ותיאום נכונים של המחלקות השונות ניתן לחסוך בעלויות רבות מחד, ולהגדיל את המכירות מאידך. מחקרים מראים כי מנהלי מחלקות בארגונים תעשייתיים רבים מזמינים מלאי חומרי גלם עם מקדם בטחון גבוה, הן לגבי הכמות והן לגבי הזמן. לעיתים אין מנהלי המחלקות בודקים אם יש במפעל חומרי גלם דרושים במחלקות אחרות, כיוון שבמקרים רבים מסתבר שהנתונים שהם מקבלים אינם מעודכנים. הסיבה למקדמי הבטחון הגבוהים נעוצה בכך שאין המנהלים רוצים לגרום למצב בו בגלל מחסור בחומרי גלם יושבת קו הייצור. כתוצאה מכך ניתן לראות מלאי חומרי גלם שוכב זמן רב במחסן ללא שימוש ולעיתים קרובות יש עודפים. עלויות המימון המוקדם של המלאי, האיחסון, והנזק הנגרם כתוצאה מהמתנה ממושכת, עלולים להגיע לסכומים גבוהים. נראה אם כן כי המחסור במידע אמין ועדכני גורם להוצאות ניכרות למפעל. ברור כי השבתת קו ייצור תגרום נזק רב למפעל, אך ניתן למנוע את השבתת קווי הייצור גם מבלי לדאוג למלאי בטחון, אלא ע״י ניהול נתונים מעודכנים. למצב זה ניתן להגיע ע״י ניהול המפעל והייצור בעזרת מחשבים, כפי שיפורט להלן.

לעיתים קורה, במפעלים בהם מייצרים במקביל בקווי ייצור שונים חלקים האמורים להיות מורכבים למכלול אחד, שאם באחד הקווים חל עיכוב מכל סיבה שהיא, ובקווים האחרים ימשיכו לייצר בקצב המתוכנן, ייוצר מצב בו ייערמו בנקודת ההרכבה חלקים רבים עד אשר יתוקן הליקוי בקו שנעצר. עובדה זו תגרום לצפיפות באיזור נקודת ההרכבה, ואף עלולה לגרום לנזקים לאותם חלקים שהיו מונחים שם.

נבחן לדוגמה מקרה של לקוח הפונה למנהל השיווק או למנהל המכירות במפעל תעשייתי, ומבקש דחוף מספר גדול של יחידות. על מנהל השיווק לתת ללקוח תשובה תוך זמן סביר, שאם לא כן יפנה הלקוח לספק אחר. כדי לתת תשובה ללקוח צריך מנהל השיווק לבדוק קודם כל האם הלקוח חשוב לארגון או לא. במילים אחרות: האם היקף העיסקות של הלקוח גדול, והאם הוא משלם את תשלומיו בזמן. לצורך זה עליו לקבל נתונים ממחלקת הכספים. לאחר מכן צריך מנהל השיווק לבדוק האם במחסן של תוצרת גמורה יש מספיק יחידות מהמוצר המבוקש. אם אכן נמצא כי יש במחסן מספיק יחידות יש לבדוק האם הן מיועדות ללקוח מסוים או לא. אם הן מיועדות ללקוח מסוים יש לבדוק באיזה תאריך יש לספק אותן. כמו כן יש לבדוק האם ניתן לעכב את המשלוח ללקוח האחר. אם לאחר כל הבדיקות הנ״ל נוכח מנהל השיווק כי אינו יכול לספק את בקשת הלקוח מהמלאי הקיים עליו לבדוק האם ניתן לייצר את הכמות המבוקשת בזמן. לצורך זה עליו לקבל נתונים ממחלקת הייצור כדי לראות האם יש קווי ייצור פנויים. אם אכן מתברר כי יש קווי ייצור פנויים צריך לבדוק במחסן חומרי גלם אם יש מספיק חומרי גלם לייצור ההזמנה המבוקשת. אם אין מספיק חומרי גלם יש לבדוק עם מחלקת הרכש אם הזמנת רכש חומרי גלם מתוכננת להגיע בימים הקרובים, וכו׳. לעיתים מסתבכת הבעיה עוד יותר כאשר ללקוח יש דרישות מיוחדות לגבי המוצר או לגבי חומרי הגלם.

כדי לתת תשובה ללקוח על מנהל השיווק לקבל אם כן נתונים ממחלקת הכספים, ממחסן תוצרת גמורה, ממחלקת הייצור, ממחסן חומרי גלם, וממחלקת רכש. לעיתים יהיה צורך גם לקבל נתונים ממחלקת תפ״י וממחלקת הנדסה ועוד. אם על מנהל השיווק יהיה לפנות באופן אישי לכל אחת מהמחלקות הנ״ל ולבקש פרטים מתאימים יימשך התהליך של איסוף הנתונים הדרושים לצורך קבלת החלטה נכונה זמן רב. בנקודה זו חשוב להזכיר כי השהיית הלקוח יכולה להוביל אותו לספק אחר, ואילו מאידך תשובה חיובית ללא בדיקת כל הפרטים עלולה לגרום לכך כי לא ניתן יהיה לספק את ההזמנה במועד ובמפרט המבוקשים, או לחילופין ייפגע לקוח אחר.

נראה אם כן כי כדי לנהל מפעל תעשייתי ביעילות יש לאפשר גמישות ותגובה מהירה לאירועים המתרחשים במחלקות השונות.

הנתונים שתוארו לעיל צריכים לעבור תהליך של איסוף ועיבוד כדי להפיק מהם מידע היכול לשמש כלי עזר בקבלת החלטות נכונות. הבעיתיות והעלות של איסוף הנתונים והפיכתם למידע הולכות וגדלות ככל שהמפעלים גדלים, ככל שמורכבות המוצרים עולה, ככל שמספר הלקוחות והספקים עולה וכו׳. את הפעולה של איסוף הנתונים מהמקורות הרבים והפיכתם למידע מגדירים כבעית המידע של המפעלים התעשייתיים. במחקר שנערך בארה״ב (Young and Mayer, 1984) התברר כי מספרם של העובדים העקיפים במפעלי תעשיה עלה ב־30 השנים האחרונות פי שניים ויותר. פעולתם העיקרית של העובדים העקיפים היא איסוף הנתונים, עיבודם, והפיכתם למידע הדרוש לניהול המפעל ולניהול הייצור. ברור אם כן כי אם מגמה זו תימשך, תעלינה הוצאות הייצור בצורה משמעותית. בתנאים אלה, אפילו השיפורים הטכנולוגיים האדירים בייצור אשר יכולים לצמצם את העלות הישירה, לא יצמצמו את העלות העקיפה המתוארת לעיל, המייקרת את עלויות הייצור באופן משמעותי.

עד אמצע שנות ה־70 לא היו כמעט תוכנות יחודיות למפעלי תעשיה, והיישומים שנעשו היו בעיקר בתחום הפיננסי. בסוף שנות ה־70 החלו יצרני החומרה והתוכנה בעולם להבין את הפוטנציאל הרב הטמון בסקטור התעשייתי והחלו לפתח מוצרים שיענו על הדרישות המיוחדות של הארגונים התעשייתיים. מספר חבילות התוכנה גדל ממערכות בודדות בתחילת שנות ה־70, למספר גדול מאד בסוף שנות ה־70 ותחילת שנות ה־80. כתוצאה מהתנופה המואצת בהחדרת המיחשוב לתעשיה וההכרה בצורך האינטגרציה בין היחידות השונות בארגון החלה להתגבש בשנים האחרונות תפישת הניב״מ – ניהול ייצור בעזרת מחשב, או ע״פי המונח האנגלי – CIM – Computer Integrated Manufacturing.

ניהול המפעל והייצור בעזרת מחשבים

מערכת ניב״מ מבוססת על עקרון של שילוב (אינטגרציה) פונקציות התכנון וההנדסה, הייצור, הרכש, השיווק, והפיננסים במערכת עקבית אחת הנתמכת במחשבים. מערכת משולבת זו מורכבת משלושה יסודות: מחשבים, בסיס נתונים משותף לכל יחידות הארגון, יחידות קצה ממוחשבות.

קיימים יחסי גומלין הדוקים בין המרכיבים השונים והפעילויות השונות במפעלי תע־

שיה. תכנית הייצור צריכה להתאים לתכנית העסקית של הארגון. מהזמנות הלקוחות נבעות דרישות לחומרי גלם. תכנית דרישת חומרי הגלם אמורה לענות על צרכי תכנית הייצור. תכנון משאבי הייצור הינו תוצאה של תכנית הייצור וזימון החומרים. יתרת המלאי של חומרי הגלם ושל תוצרת גמורה ותכנית הייצור יאפשרו תכנון אספקה ללקוחות וקבלת הזמנות חדשות.

כעקרון מבוססת מערכת ניב"מ על שיטה של מעגל סגור ובסיס נתונים משותף. כל בעל תפקיד בארגון מדווח למערכת, קרוב ככל האפשר למועד האירוע, על כל פעילות שמתרחשת. בצורה כזו יש תמיד במערכת הממוחשבת מידע אמין ועדכני על כל מחלקות המפעל. למנהלי המחלקות מידע אמין לגבי מלאי חומרי גלם בכל מחלקות המפעל ובכך ניתן לנצל ביותר יעילות את המלאי הקיים במפעל לפני שמזמינים מלאי חדש. מנהלי הייצור מקבלים מידע על תקלות במפעל ובהתאם לכך מתכננים את קצב העבודה כדי למנוע מצבור של מלאי בתהליך לפני תחנות עבודה, וכדי לחסוך בשעות עבודה של העובדים. גם מנהל השיווק יוכל להשיב ללקוח המבקש תשובה מהירה במהירות ותשובתו תהיה נכונה, ניתן יהיה לעמוד בה. שימושים אלה ואחרים במערכות ניב"מ יכולים לפתור חלק מבעיית המידע אשר צוינה לעיל, לייעל את ניהול המפעל, ולחסוך הוצאות בצורה משמעותית, כפי שיתואר בהמשך.

מערכת ניב"מ משמשת גם כמערכת החלטה מובנית (SDS – Structured Decision System), וגם כמערכת תומכת החלטה (DSS – Decision Support System). ההבדל בין שני הסוגים: מערכות מהסוג הראשון הן מערכות המתייחסות לסוגי החלטות היכולים להתבצע ע"י מחשב – החלטות שניתן לקבל על סמך אלגוריתם מוגדר מראש, לעומת החלטות מהסוג השני שהן מערכות המטפלות בסוגי החלטות שאינן יכולות להתבצע ע"י מחשב, כיוון שאינן מובנות וחד־ערכיות. בנקודה זו חשוב לציין כי המחשב ותוכנת הניב"מ אינם באים להחליף את המנהל אלא לספק לו נתונים מתאימים לצורך קבלת החלטות. התוצאה של ריצת מערכת ניב"מ היא שורה של המלצות. המנהל יאשר המלצות אלה או ישנה אותן ע"פ שיקול דעתו.

להלן מספר דוגמאות לסוגי החלטות אשר לצורך קבלתן ניתן להיעזר במערכת ניב"מ:

1. במערכת החלטה מובנית ניתן להפיק באופן אוטומטי התראות על מחסור צפוי במלאי כאשר כמות המלאי במחסן מגיעה למינימום מסויים.
2. בהתאם לתכנית הייצור המתוכננת ובהתאם לדיווחים על תקלות ושינויים בקווי הייצור השונים ניתן לתכנן באופן גמיש את שעות העבודה בקווי הייצור.
3. כפי שצויין בתיאור בעית המידע במפעלי תעשיה, יוכל מנהל השיווק בעזרת מערכת ניב"מ לבדוק את אפשרויות האספקה הדחופה ללקוח.

דוגמאות 2 ו־3 מתייחסות למערכות שאינן מובנות – DSS.

כימות התועלת הנובעת משימוש במחשב לצורך ניהול מפעל תעשייתי

כפי שתואר, מערכת ניב"מ יכולה לעזור בפתרון בעית המידע במפעלי תעשיה ולשפר את רווחיות הארגון. כדי לעמוד על תרומתה האמיתית של מערכת ניב"מ יש לכמת את התועלת. במחקרים שנערכו בארה"ב הצליחו לכמת את התועלות שניתן להפיק בעזרת שימוש במערכות ניב"מ:

1. הקטנת מלאים שתביא לצמצום ההשקעה במלאי עד כדי ⅓–¼ מהעלות.
2. שיפור השירות ללקוחות – מעל 95% מההזמנות יסופקו בזמן ובמפרט המבוקש.
3. שיפור יעילות העבודה הישירה (20%–40% שיפור במפעלי הרכבה).
4. הקטנת עלויות הרכש בממוצע של 5%.
5. הקטנת עלויות המסחר (Traffic Cost).
6. צמצום בשעות נוספות.
7. זמינות המידע הדרוש לניהול המפעל.
8. שיפור איכות החיים ע"י מניעת ויכוחים לגבי נכונות ועדכניות הנתונים (אצל מי הנתונים נכונים) שהרי כולם ישתמשו באותם נתונים.

לאור כל האמור לעיל ברור כי מערכת ניב"מ צריכה להיות מערכת המידע המרכזית במפעל תעשייתי. מערכת זו צריכה להיות הגרעין, ואליה תחוברנה מערכות מידע אחרות הפועלות בארגון.

המיחשוב בתעשיה הישראלית

כדי לבדוק את הנעשה בישראל בתחום המיחשוב במפעלי התעשיה נערך בשנים 1984–1985 מחקר ב־158 מפעלי תעשיה בארץ. מטרת המחקר היתה לבדוק את רמת המיחשוב בתעשיה הישראלית ואת הגורמים המשפיעים עליה. מחזור המכירות של מפעלים אלה נע בין $300,000 ל־$300,000,000, מספר העובדים בין 15 ל־3,000, מספר פעולות המכירה בחודש בין 3 ל־85,000, ומספר פעולות רכש מספקים בחודש בין ½ ל־8,000. לכל מפעל נקבעה רמת מיחשוב ע"פ השיטה הבאה: לכל יישום ממוחשב הפועל בארגון ניתן משקל ע"פ מידת המרכזיות של הנושא במערכת ניב"מ, כפי שהוגדר לעיל. לנושאים הנה"ח, תמחיר, רישום מלאי, ועץ מוצר, הוענקה נקודה אחת. לנושאים ניהול הזמנת לקוחות, תכנון חומרים, ניהול רכש מספקים, וניהול תפ"י, הוענקו שתי נקודות. ארבעת הנושאים האחרונים, להם הוענקו שתי נקודות, מהווים את לב ליבה של מערכת ניב"מ כפי שצויינה לעיל. נושאים אלה אמורים לקבל קלט מקודמיהם, ולספק להם נתונים. כתוצאה מכך, הפעלת הנושאים הראשונים בלבד תפגע ביעילותם ובמהימנות הנתונים. ע"פ הפירוט הנ"ל, מקסימום הנקודות אליו ניתן להגיע הוא 10. נוסף לכך הוספה נקודה בגין יישומים נוספים הפועלים בארגון. הנקודה הוספה רק אם יש ליישומים הנוספים קשר ישיר לנושא הייצור, כמו ניהול פרוייקטים, אחזקת מכונות וכו'.

ברור שלא בכל מפעל יש צורך ברמת מיחשוב של 10 או 11 נקודות. מערכת הנה"ח, תמחיר ורישום מלאי חיונית לכל מפעל תעשייתי כדי לאפשר ניהול תקין. לעומת זאת, במפעלים להם מספר קטן של פעולות מכירה לא תמיד יש צורך לנהל מערכת הזמנות לקוחות ממוחשבת. לגבי ניהול הזמנות רכש מספקים אין אחידות. יש מפעלים להם הסכמים ארוכי טווח עם הספקים, מספר פעולות רכש קטן, ואז ממילא אין צורך בניהול ממוחשב של הזמנות רכש. לעומת זאת, במפעלים כמו מפעלי אלקטרוניקה, להם בד"כ מספר גדול של הזמנות רכש ומספר גדול של ספקים עם הבדלים משמעותיים לגבי מחירים, איכויות, זמני אספקה וכו', ניתן בעזרת מערכת הזמנות רכש ממוחשבת לחסוך בעלויות רבות. מערכת תפ"י היא בד"כ מורכבת ומסובכת. מערכת זו נדרשת בעיקר במפעלים בהם תהליך הייצור ארוך ומורכב ובנוי בשלבים, כמו מפעלי אלקטרוניקה, תעשיה מתוחכמת, עץ, טכסטיל וכו'.

לכל מפעל במידגם חושבה רמת המיחשוב בפועל ע"פ הפירוט הנ"ל, וחושבה רמת המיחשוב הדרושה לו ע"פ המאפיינים של המפעל, כמו גודלו, מספר הזמנות הלקוחות, מספר ההזמנות מספקים וכו' (להלן רמת המיחשוב הנורמטיבית).

רמת המיחשוב הממוצעת בפועל שהתקבלה במידגם היא 4.59 נקודות, וזאת לעומת רמת המיחשוב הנורמטיבית הממוצעת שהיא 8 נקודות. נשים לב אם כן לכך שרמת המיחשוב הממוצעת בפועל מהווה כ־57% מרמת המיחשוב הנורמטיבית הממוצעת. באיור מספר 1 מוצגת ההיסטוגרמה המתארת את התפלגות רמת המיחשוב בפועל מול רמת המיחשוב הנורמטיבית במידגם עליו התבסס המחקר.

נושאים ממוחשבים

פרמטר המשמש בבואה של מדיניות המיחשוב במפעלים הוא התפלגות הנושאים הממוחשבים הפועלים בארגון. באיור מספר 2 מוצגת התפלגות זו. מהאיור ניתן לראות כי במרבית המפעלים ממוחשבים נשאי הנה"ח, רישום מלאי, ותמחיר. הנושאים היותר קשורים לניהול הייצור כמו עץ מוצר, וניהול הזמנות לקוחות, מיושמים רק בכ־47% מהמקרים. נושאים כמו רכש מספקים וניהול תפ"י מיושמים רק בכ־23% מהמקרים.

כבר בתחילת שנות ה־70 היתה בארה"ב התיחסות לשתי עובדות שאיפיינו אז את התעשיה האמריקאית:

מערכות ניהול ייצור הן מערכות ש"עושות כסף" ולא רק "סופרות כסף".

רוב מערכות המידע המיושמות בארגונים תעשייתיים הן עדיין מהטיפוס השני דהיינו – "סופרות כסף" כמו מערכת הנה"ח, רישום מלאי וכו'.

כפי שצויין לעיל ניתן לראות את שהתרחש ב־1973 בארה"ב, בהיקף נרחב בישראל בשנים 1984–1985. מעטים הם המפעלים שמיחשבו את ניהול תהליך הייצור שלהם, ואשר השתמשו במערכות ניב"מ. בד"כ ממהרים בכל ארגון למחשב את נשאי

הנה״ח, רישום מלאי, כח אדם וכו׳, ולא את תכנון וניהול הייצור, תכנון חומרים, רכש, מכירות וכו׳.

הגורמים המשפיעים על רמת המיחשוב

במחקר אשר צויין לעיל, נמצאו מספר גורמים המשפיעים על רמת המיחשוב של המפעל. באופן כללי ניתן לחלק גורמים אלה למספר קטגוריות: גורמים היוצרים צורך ביישומים ממוחשבים אלה או אחרים – גודל המפעל, היקף הפעילות, מורכבות המוצרים וכו׳; מדיניות ההנהלה כלפי המיחשוב, מדיניות הקובעת את תקציב המפעל לנושא המיחשוב, מבנה יחידת המחשב, שיטת פיתוח התוכנה (פיתוח עצמי, בתי תוכנה, פיתוח משולב) וכו׳; גורמים הנמצאים מחוץ לשליטת המפעל כמו היצע של חבילות תוכנה מתאימות, כח אדם מתאים, מיסוי על מחשבים וכו׳.

ע״פ ניתוח מימצאי המחקר מסתבר כי ההשפעה החזקה ביותר על נושא המיחשוב במפעל יש למדיניות ההנהלה כלפי המיחשוב. מימצא נוסף חשוב לא פחות מראה כי במפעלים עליהם התבסס המחקר לא היתה למנהלים במקרים רבים מודעות לצורך במיחשוב המפעל ובתועלת שניתן להפיק מכך. מימצא זה מסביר את התפלגות הנשאים הממוחשבים כפי שתוארה לעיל. במקביל לחוסר המודעות במפעלי התעשיה נמצא גם חוסר מודעות אצל מנהלי בתי התוכנה. כיוון שכך, היה היצע התוכנות המתאימות למפעלי תעשיה בתקופה בה נערך המחקר קטן יחסית, ובתי התוכנה לא תמיד ידעו לתת שירות הולם למפעלי תעשיה. גורם נוסף שהשפיע על האטת תהליך המיחשוב במפעלי תעשיה הוא השיעור הגבוה של מכס ומס קניה המוטל על מחשבים. שיעור המסים מגיע לכ־38% מערך הציוד. במקרים מסויימים הגיעו סכומי המסים לעשרות ומאות אלפי דולרים. במחקר המצויין לעיל נמצאו מספר מפעלים שעצרו את ההשקעה במיחשוב בגלל העלות הגבוהה. פטור ממסים על הציוד במקרים אלה היה מאפשר למפעלים לממש את תכניות המיחשוב.

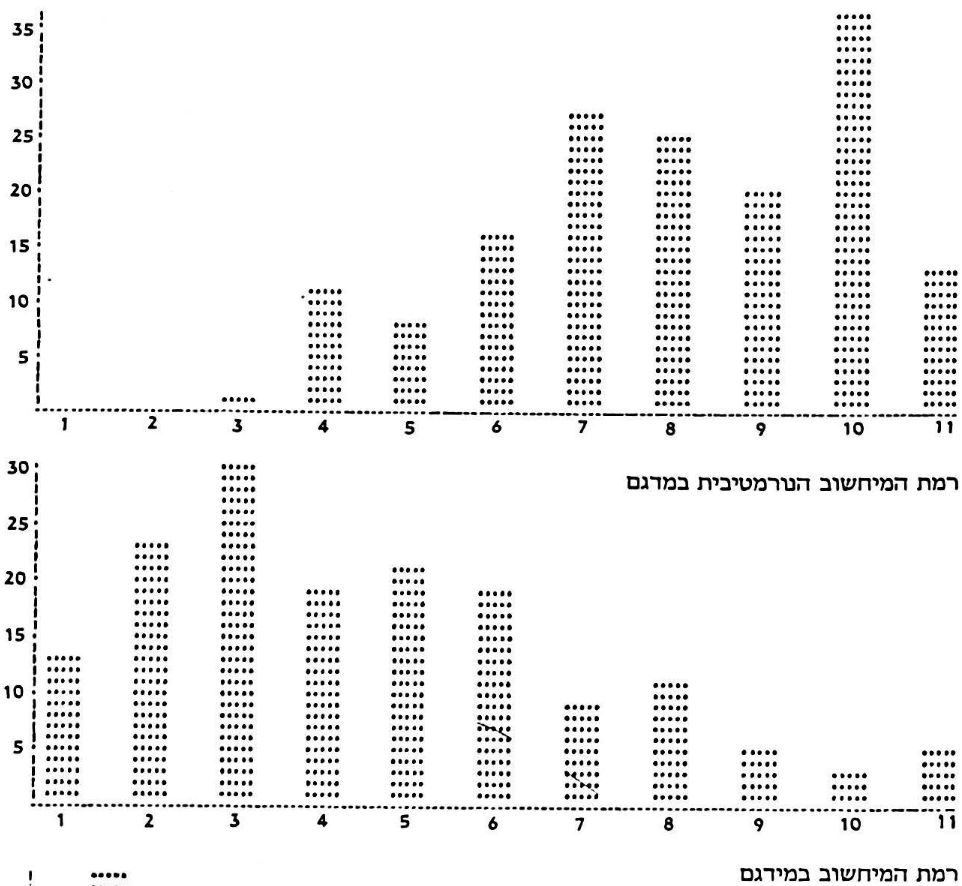
כפי שתואר לעיל נמצא כי רמת המיחשוב בתעשיה הישראלית, כפי שבאה לידי ביטוי במידגם עליו התבסס המחקר, היתה נמוכה בצורה משמעותית לעומת הצרכים. מאז ביצוע המחקר עבר זמן לא מבוטל ונראה כי החל תהליך של שינוי.

סיכום ומבט לעתיד

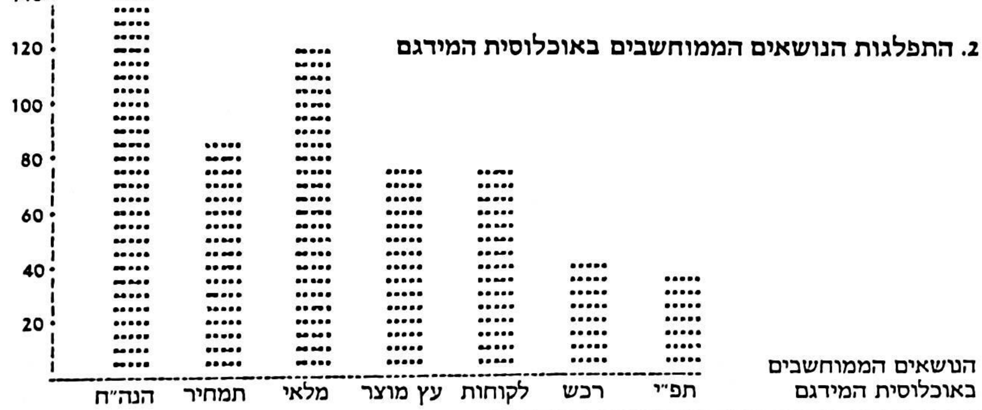
בשנים האחרונות נראה כי הולכת וגדלה המודעות בקרב מנהלים במפעלי תעשיה לכל הקשור בחשיבות המיחשוב לניהול היעיל. גם בתי התוכנה בארץ הכירו בפוטנציאל האדיר הקיים בסקטור התעשיה ובצרכים המיוחדים שלו. שלטונות המכס הכירו גם הם בחשיבות המיחשוב בתעשיה הישראלית והחלו להפחית את המסים על ציוד מיחשוב למפעלי תעשיה.

יחד עם כל זאת נראה לנו כי זה רק ראשיתו של תהליך, תהליך שחייב להיות מואץ כדי לאפשר לתעשיה הישראלית כושר תחרות בתעשיות זרות הן בארץ (יבוא), והן בחו״ל. ברור שמיחשוב יעיל בתעשיה הוא תנאי חשוב לכושר תחרותה ואולי אף הישרדותה של התעשיה הישראלית. כדי להגיע לרמת מיחשוב שתספק את הצרכים יש לדעתנו לפעול בכמה מישורים במקביל. יש להגביר את המודעות של המנהלים בתעשיה לחשיבות ולתועלת שבמיחשוב המפעלים; בתי התוכנה בארץ צריכים יותר ויותר לגייס אנשי מערכות מידע עם רקע בתעשיה, ולהתאים עצמם לאופי המיוחד של סקטור התעשיה; גם הממשלה צריכה לתת את תרומתה בנושא. תרומת הממשלה (מעבר להפחתה של המסים על מחשבים) יכולה להיות בכך שתהיה מעין גורם מרכז של פיתוח המיחשוב בתעשיה. לדוגמה: משרד המדען הראשי, ו/או גוף אחר במשרד התעשיה והמסחר, יכולים להקים צוות יחד עם הסקטור האקדמי, התאחדות התעשיינים, ואיגוד בתי התוכנה כדי לקדם את הנשא בצורה יעילה עם יד מכוונת. ניתן ורצוי להכיר בהשקעות לצורך מיחשוב הניהול במפעלי תעשיה במסגרת עידוד השקעות הון וכו׳. על קברניטי המשק להכיר בכך שמיחשוב התעשיה הוא תהליך ארוך שאם, ורק אם, ייעשה תוך תכנון קפדני יוכל להביא לתוצאות הרצויות. מאידך, נראה בעליל כי תעשיה שלא תהיה ממוחשבת בצורה נכונה לא תוכל להיות ברת־תחרות לתעשיות ממוחשבות, הן מבחינת עלויות הייצור, הן מבחינת העמידה בלוח זמנים ובדרישות הלקוחות, והן מבחינת ההרצאות העקיפות, כפי שתואר בסעיף הדן בבעית המידע.

1. התפלגות רמת המיחשוב הנורמטיבית מול רמת המיחשוב בפועל



2. התפלגות הנושאים הממוחשבים באוכלוסית המירגם



הרובוטיקה בישראל

פרופ' גדעון הלוי

המחשב ככלי עבודה

מחשבים מלווים אותנו יותר מעשרים שנה וחודרים יותר ויותר לחיי היום-יום שלנו. תכונות המחשבים לבצע פעולות חישוב מספריות במהירות רבה, לאחסן מספר רב של נתונים, למיין ולשלוף במהירות את המידע הדרוש, נוסף לכושר המחשב לעבד את הנתונים לפי אלגוריתמים, איפשרה את הפעלת המחשב בתעשיה, כבמוסדות אחרים, כמרכזי עיבוד נתונים שמטרתם העיקרית לספק מידע הדרוש לקבלת החלטות ולניהול הייצור. כדוגמה ליישומים בתחומים אלה נוכל למנות את ניהול המלאי, פיקוח ייצור, הפעלת מערכות MRP לקביעת דרישות הייצור בכמויות ובמועדים, רישום עבודה ושימוש במידע על המתרחש באולמות הייצור לצורך תכנון הרחבת מפעלים, תמחיר מוצרים ועוד ועוד.

עם הזמן, כאשר הוזלו מחירי המחשבים, מימדיהם קטנו ושופרה מהירות ביצועיהם, התברר לתעשיה שניתן להשתמש במחשבים גם כב"חלקי מכונות", כמו מנוע חשמלי, כמו בורג, כמו גלגל שיניים וכו'. המחשב יודע להחליט על מקום הנתונים בכונן הדיסקים, להניע את זרוע הראש הקורא למקום המתאים, ולהפעיל את הראש המתאים. המחשב יודע להניע את שרשרת האותיות שבמדפסת, לדעת מתי נמצאת האות הדרושה במקום המתאים ולהפעיל עליה את מכת ההדפסה. אלה פעולות מכניות, מסוג הפעולות וההחלטות הדרושות במתקני הייצור, ומדוע לא לבנות מכונות ייצור מופעלות מחשב? בהכרה זו החל עידן של ייצור בעזרת מחשב (CAM).

המחשב מסוגל לא רק להתריע על המשימות שיש לבצע אלא מסוגל לשלוף מזכרונו את פעולות המכונה הדרושות לביצוע משימה מסוימת ולפקח שהמכונה אכן תבצע את הנדרש ממנה ובדיוק מירבי. סוג מכונות זה הוא הדומיננטי כיום בשוק המכונות לעיבוד השבבי ומוכר בשם מכונות בקרה ספרתית (CNC). מכונות אלה כבשו את מקומן כאמצעי ייצור בגלל יעילותן הרבה. שימוש במכונות מסוג זה מביא להעלאת התפוקה, להגדלת ניצולת הציוד ומאפשר ייצור חלקים מסובכים ומדויקים, שקשה ויקר מאד היה ליצרם בלי מכונות מסוג זה.

את התפתחות נושא הייצור בעזרת מחשב בארץ ניתן לחלק לשני מישורים: ליישום הטכנולוגיה ולפיתוח טכנולוגיה ומוצרים הדרושים ליישום.

יישום הטכנולוגיה החל בתחילת שנות השישים, בפיגור של כשש שנים לעומת ארה"ב. המכונה הראשונה נרכשה כמדומני על ידי התעשיה הצבאית, מכונת Bridgeport שהופעלה ע"י סרט מנוקב. לאחר מחלות ילדות קצרות נוכחו ביעילות העבודה במכונה מסוג זה. באותם הימים כל מכונה שהותקנה בארץ היתה חגיגה, נערכו ימי עיון וקורסי הדרכה רבים על השימוש, התוכנות וההפעלה של מכונות מסוג זה, דבר שכיום נראה מגוחך.

טכנולוגיה זו הוכיחה את עצמה בחיי יום יום והפער בין הציוד בארץ ובארצות המפותחות בעולם קטן, כמדומני שכיום יש פיגור של שנה לכל היותר. הטכנולוגיה התפתחה וממכונה בודדת התפתחה למרכז ייצור הכולל מחסן כלים, מחסן חלקים, מערכות שינוע, מערכות ייצור גמיש ועוד. לעתים הטכנולוגיה נסחפת אחרי האפשרויות, ללא קשר לצרכים. בארץ יש ממש ריצה אחרי חידושי הטכנולוגיה, אם דרוש או לא. כיום יש כמה אלפי מכונות ממוחשבות, רובן תורמות ליעילות הייצור.

על ניצול טכנולוגיה זו בארץ, בהשוואה לעולם, נוכל ללמוד מכתבה בעיתונות (יולי 1988) המדווחת על כך שנציגים מחברות באנגליה באו ארצה כדי לקנות ציוד משוכלל ומודרני ממפעלים במצוקה.

פיתוח מערכות ייצור חדישות אינו מצריך הון רב אלא רעיון טוב, אלגוריתם משוכלל ותכנית מחשב לביצוע. ניתן היה, לכן, לקוות שהראש היהודי יחולל פלאים ומדינת ישראל תוכל להיות אחד ממוקדי הפיתוח ומתווי הדרך בייצור בעזרת מחשב. המציאות בכל שנות הפיתוח מראה על כיוון הפוך, רוב המפתחים בארץ מעתיקים רעיונות ומוצרים מחוץ לארץ ומנסים לעבדם ולייצרם בארץ. כך שגם בהצלחה הגדולה ביותר אנו מדינה נגררת. ישנם תחומים רבים שהם חדישים לגמרי בעולם כולו, ולא קיים מפעל שיש לו את המוניטין בתחום זה. דבר זה הוא אידיאלי ליזמים חדשים ולמדינות חדשות לתפוס מנהיגות ולהציע לשוק את המתבקש. מספר מצומצם ביותר של מפתחים הלך בכיוון זה והצליח מאד (חברת אופטרוטק). אך לצערי רוב החברות לא ניצלו את ההזדמנות הטכנולוגית עד היום ובחרו ללכת "על בטוח" ולהיות נגררות ומחקות של מערכות או למצוא את "הנישה" למוצר לוואי. המוצרים המיוצרים בארץ עושים פחות מהמקור ועולים פחות. המחיר הוא הגורם המאפשר להם להתחרות. אך במשך הזמן המובילים ממשיכים לפתח את המוצר, לצאת עם גירסאות פשוטות יותר ובמחיר זול יותר. החברות בארץ מוצאות את עצמן בצרות וחייבות להיסגר (בקרות שרנוע, יזרעאל, קונלוג, וחברות שונות לייצור רובוטים).

במספר מדינות מפותחות בעולם יש תמיכה והכוונה לאומית בפיתוח טכנולוגיה זו. יש מטרות לאומיות, ובהתאם לכך יש גם תמיכה ממשלתית למפתחים. בארץ נסינו להקים מרכז לאומי לתיב"מ למטרה זהה, שיעזור למדען הראשי של משרד המסחר והתעשיה לקבוע עדיפויות בתמיכה בפרויקטים של פיתוח. אך מסיבות שונות לא יצא הדבר אל הפועל. סקר על צרכים וכיווני התפתחות רצויים בתחום הרובוטיקה והאוטומציה גם הוא לא יצא לפועל. לעומת זאת, בתחילת אוגוסט השנה התפרסם שהמדען ומרכז ההשקעות יסייעו לתעשיה בבדיקת אפשרויות יישום מערכת אוטומציה ורובוטים במפעלים. יש לברך על כך. באנגליה ניסו לפני כשבע שנים דרך זו והתוצאה היתה שיותר מאשר גדל מספר התקנת הרובוטים גדל מספר היועצים הבודקים.

משרד המדע מטפל כעת בהקמת גוף למטרות של התווית מדיניות לאומית ונאחל לו הצלחה.

מכונות-מופעלות-מחשב

מכונות הבקרה הספרתית היו החלוץ בתחום השימוש במכונות-מבוקרות-מחשב בתעשיה, וככל חלוץ היתה הכניסה קשה. התעשיה חייבת להיווכח שהטכנולוגיה המוצעת אינה רק חדשה אלא גם יעילה, וההוכחה צריכה להיות בשטח, במעשים ולאו דוקא על ידי הסברים וטיעונים הגיוניים. בתום 5 השנים הראשונות להופעת מכונות אלה, הן היוו רק כ-2% ממכונות הייצור. כעבור 5 שנים נוספות הגיעו ל-10%; 3 שנים נוספות ל-25%. בשנים הראשונות הושקעו מאמצים רבים בעולם ובארץ להחדרת התפיסה והטכנולוגיה של יישום מחשבים ככלי ייצורי.

נערכו קורסים רבים, ימי עיון וסמינרים על מכונות אלה, וכרגיל בהחדרת טכנולוגיה חדשה עברו את השלבים של ההתלהבות, האכזבה ומציאת המקום המתאים, כולל היתרונות והמגבלות שלה. כיום אין חידוש במכונות אלה והן הפכו לחלק בלתי נפרד מהנוף הייצורי. להיפך, מכונות קונבנציונליות הן במיעוט כיום.

הצלחת מכונות הבקרה הספרתית מבוקרות המחשב הביאה לאימוץ הגישה ולפיתוח מיגוון רחב של ציוד ומכונות ייצוריות. כיום מוצאים מכונות מדידה מופעלות מחשב, בקרת טיב, אמצעי שינוע ממוחשבים, מחסנים ממוחשבים, ולמעשה ניתן למצוא כיום מחשב כמעט בכל מכונה ומתקן תעשייתי.

השימוש בארץ במכונות מסוג זה נפוץ ביותר, יש כמה אלפי מכונות כאלה בשימוש. מעבר לכך, היתה מחשבה שפיתוח בקרות מחשב למכונות יכול להיות מוצר ישראלי טוב. ההשקעה היא בעיקר בחומרה ובתוכנה, נושאים שאנו יכולים להתמודד בהם. ואכן, בשנות השבעים פעלו 3 חברות ישראליות לפיתוח וייצור בקרות מחשב למכונות כלים. בשנות השמונים נוספו מספר חברות שניסו לפתח מערכות מהמתקדמות בעולם בתחום זה. לצערי כיום כל החברות, מסיבות שונות, הפסיקו את פעילותן. הפעילות כיום פחות יומרנית ומסתפקת בבנית מכונות לפי הזמנה, או בשיפוץ וחידוש מכונות מסוג זה.

רובוטים תעשיתיים

אחד היישומים הנמצא כיום בתהליך של חדירה הם הרובוטים התעשיתיים, הנמצאים כעת בסוף השלב השני, שלב האכזבה, ומתחילים לראות ולשמוע את התחלת השלב השלישי של ההכרה ביתרונות וללמוד לחיות עם החסרונות. המושג רובוט מעורר את הדמיון ומבטא אולי את אחד החלומות האנושיים, שאנו בני האדם ניצור יצור בדמותנו ובצלמנו, שימלא את משאלות לבנו, ללא ויכוחים ותירוצים. כלי שיבצע את העבודות השחורות, המעייפות, המשעממות והמסוכנות. הרובוט התעשיתי הוא מכונה מבוקרת מחשב, המורכבת מזרועות מכניות בעלות כושר הרמה ותנועות מוגדרים. כיוון שהם מכניים ניתן לתכננם כך שיהיו עדיפים על כושר ההרמה ואורך הזרועות של האדם. מערכת חשמלית או הידראולית מספקת כח לשרירים, ומערכת בקרת מחשב מפקחת על התנועות. מחשב מורה לרובוט איזו תנועה לבצע ומתי, באיזה מסלול ובאיזו מהירות. בקצה הרובוט, כמו כף היד של האדם, מחוברת תפסנית או כלי עבודה (מברשת לצביעה, מתקן ריתוך, איטום וכו׳) שתפקידם לבצע את המטלה הנדרשת. במבנה זה הרובוט מסוגל לבצע כל תפקיד במגבלות תחום עבודתו וכישוריו.

הדרך הנפוצה ביותר ללמד את הרובוט את העבודה שעליו לבצע היא על ידי הדגמה, כלומר, האדם "מראה" לרובוט על ידי הנעה ידנית של הרובוט, מה עליו לעשות, הרובוט צופה ורושם את הדבר בזכרונו תחת שם שנבחר על ידי המלמד. במחשב הרובוט ניתן לשמור מספר רב של סוגי עבודות. כשהרובוט יקבל פקודה לבצע עבודה מסוימת הוא יטען לזכרונו את פרטי העבודה המבוקשת ויבצע אותה במדויק, בהתאם למה שלימדו אותו. הרובוט הוא לכן העובד האידיאלי (מאספקט אחד):

– אינו מתלונן על תנאי העבודה. אינו רגיש לתנאי הסביבה, כגון חום, לחות, קור, אטמוספירה רעילה וכו׳.
– אינו נהנה מהפסקות בוקר, צהרים, קפה, לצרכים אישיים.
– אינו מחסיר. אין לו אירועים משפחתיים ומצבי רוח.
– אינו מתווכח עם הממונים עליו ומבצע כל תפקיד בנאמנות. (עובד לפי הספר, בין שזה טוב או רע).

כיום פועלים ברחבי העולם כ־80,000 רובוטים ובתעשיה בארץ כ־100.

היישום הפופולרי בארץ הוא טעינה ופריקה (47%), אחריו ריתוך (21%) ובכמויות קטנות יישום רובוטים בהרכבה ובצביעה. בארץ, כמו בעולם, מספר הרובוטים הגדול נמצא במספר קטן של מפעלים. בארץ מוקדי הרובוטים הם התעשיה הצבאית, התעשיה הקיבוצית, ובמפעלי ישקר.

לרובוטים חסר עדיין הרגש האנושי של חושי האדם, כגון ראיה, שמיעה, חישה. ללא חושים הרובוט יבצע את תנועותיו כאוטומט (כרובוט) וזאת אומרת גם ללא חומר גלם, דבר שיביא לידי תנועות סרק. ללא ספק יש מספר רב של עבודות שחסרון זה אינו משמעותי לגביהן.

בתוספת מערכות החושים ניתן יהיה להקנות לרובוט אינטליגנציה וכושר החלטה, כמו מיון חלקים והפרדתם לפי צורתם, קביעת תנועות הריתוך בהתאם למירווח שבין החלקים ועוד. האינטליגנציה תביא לידי פיקוד על הרובוט בעזרת מטלות במקום בעזרת תנועות (כגון: קח את החלק והכנס אותו להרכבה). לאחר קבלת פקודה כזו הרובוט יזהה את החלק, יקבע את הקואורדינטות והאוריינטציה שבה הוא נמצא ויוליך את הזרוע למקום הדרוש, תוך כדי עקיפת מכשולים שבדרך.

משתמשי הרובוטים ציינו שהיתרונות העיקריים שהושגו הם: עליה בטיב המוצר, הקטנת מרכיב השכר בעלויות הייצור, הגדלת התפוקה ופיקוח יותר טוב של ההנהלה על הנעשה במפעל.

עידן הרובוטים בארץ החל בתחילת שנות השמונים. נראה היה שפיתוח ובנית רובוטים מתאים מאד לתנאי הארץ. ההשקעה קטנה יחסית ותלויה בעיקר בתיחכום ותיכנות. בארץ קמו מעל 14 חברות לפיתוח רובוטים, חלקם רובוטים למטרות כלליות ובחלקם רובוטים למטרות מיוחדות, כגון רובוט לקטיף פרי הדר (חברת אלביט, ארוביט, ר.א.מ. מערכות), רובוט לבתי אריזה, רובוט לריתוך (אלקו רובוטיקה), רובוט לצביעה ועוד. בתעשיה הצבאית, המהווה צרכן פוטנציאלי גדול ליישומי רובוטים תעשיתיים נשקלה האפשרות לייצר רובוטים כמוצר אזרחי. השיקול היה שהשוק המקומי הוא מספיק גדול כדי להצדיק זאת. אך משום מה לא יצא הדבר אל הפועל. נוסף לכך קמו כ־20 סוכנויות של יצרני רובוטים מהעולם וחברות למתן שירות הנדסי בהתקנת רובוטים. המצי־



אות לא האירה פנים בתחום הזה. התברר שקשה מאד ליצא רובוטים תוצרת הארץ, והשוק המקומי, למרות ההתלהבות הראשונית, נרתע מיישום מסיבי של רובוטים בתעשיה. תופעה דומה היתה בכל העולם, בעיקר בגלל התקוות המוגזמות שתלו ברובוטים מהדור הראשון, וכמו כן מחוסר תמיכה טכנולוגית מספיקה של ספקי ומתקני הרובוטים. כיום נשארו בארץ שלש-ארבע חברות הממשיכות לעסוק בנושא, בעיקר בתחום ההתקנה.
נושא הרובוטים ממשיך להיות בעל ענין במוסדות החינוך להשכלה גבוהה, בבתי הספר המקצועיים ובמרכז לאוטומציה של המכון לפריון העבודה.
הוקם מרכז ישראלי לרובוטיקה במדרשת רופין, לכאורה לשרת את התעשיה הקיבוצית אך הוא משרת גם את כלל התעשיה. חברת אשד רובוטיקה פיתחה רובוט למטרות לימוד וכן תכנית הדרכה לרובוטיקה. במעבדות הלימוד לרובוטיקה פועלים מעל מאה רובוטים לימודיים. הקיץ התקיימה גם קיטנה לנוער ללימוד הנושא, ליד הטכניון, והמשתתפים בה גילו ענין רב ונהנו מחופשת הקיץ שלהם. נקווה שההדרכה תניב את פירותיה ועידן הרובוטים יחזור ויפרח.

מוצרי לוואי ממוחשבים

מענין לציין שפיתוח מערכות ראיה, שהחל לצורך הוספת אינטליגנציה לרובוטים, מצא גם יישום עצמאי לא פחות חשוב, והוא בקרת טיב של 100% בקו הייצור. לדוגמה, מערכת ראיה בקו הייצור בודקת אם המוצר מורכב כהלכה ומחליטה על המשך הפעולה בהתאם. זיהוי חלקים ומוצרים בשלב מוקדם של הייצור וההרכבה מביא לחסכון ניכר בחומר ובעבודה. תופעה זו, של פיתוח מוצר למטרה מסוימת הגורר בעקבותיו שורה ארוכה של מוצרי לוואי ויישומים בתחומים שלא חשבו עליהם מלכתחילה, אופינית לתחום של הייצור בעזרת מחשב.
מכונות הבקרה הספרתית מייצרות חלקים בהתאם לתכנית העבודה הנמצאת בזכרון של המכונה. אך התברר שיש קושי בהכנת תכנית עבודה זו ידנית. הדבר מצריך חישובים גיאומטריים רבים ולעתים מסובכים. מה יכול להיות יותר פשוט מאשר לפתח תכנית מחשב ושפה (APL) שיכינו את תכנית העבודה מקלט של צורת החלק והפעולות הדרושות? ואכן פותחה שפת תיכנות מיוחדת עבור מכונות הבקרה הספרתית. ההצלחה של מכונות מסוג זה הביאה כמובן לכניסת מספר יצרנים לשוק זה ויצירת תחרות ביניהם. הדבר מתבטא בתכונות שונות ובצורות עבודה שונות ולכן גם בפקודות אחרות לביצוע הפעולות. דבר זה הביא לכך ששפת התיכנות של המכונות לא יכלה לשרת את כל המכונות הקיימות בשוק, וכך כורח המציאות הביא לידי מוצר חדש, תכנית מחשב המתאימה את תכנית העבודה הכללית (APL) למכונה ספציפית (Post Processor). כמו כל תכנית (כולל תכנית מחשב) אין סיכוי רב שבפעם הראשונה שתורץ היא תבוד ללא תקלות. בעבודת מחשב, במקרה זה, בזבזנו זמן וניר, בעבודה בתעשיה במקרה זה אנו מייצרים חלקים פגומים, הגורמים לבזבוז חומר גלם, זמן מכונה ולעיתים הפסקת קו הייצור. הפתרון לכך הוא אפשרות בדיקת התכנית לפני ההרצה ברצפת הייצור, כלומר פיתוח מוצר גרפי שיריץ את התכנית הסופית על מחשב לשם בדיקתה (Nc Varification).
הקלט להכנת תכנית Nc Programming הוא הגיאומטריה של החלק. אך גיאומטריה זו היא חלק ממערכת תיכון בעזרת מחשב (CAD), אך שתי המערכות פועלות בנפרד ועל המשתמש להכניס את הנתונים הגיאומטריים לכל מערכת בנפרד. (במחקר שנעשה מתברר שכיום מכניסים נתונים של גיאומטרית החלק כחמש פעמים במהלך הכנת הייצור). דבר זה מביא לידי מוצר נוסף, שהוא שילוב של מערכת CAD שתתרום את הקואורדינטות הגיאומטריות למערך תיכון הבקרה הספרתית.
תכנית ה־Nc Programming פועלת על גיאומטרית החלק ובעיקר על הפעולות הטכנולוגיות הדרושות לשינוי צורת חומר הגלם לצורת החלק הדרוש. קביעת הפעולות הדרושות נעשית כיום ידנית. כיום נערכים מאמצי פיתוח ניכרים להכנת תכנית מחשב לקביעת תהליכי ייצור CAPP [Computer Aided Process Planning]. יש מספר מערכות הפועלות בגישה פשטנית והפיתוח הוא לקראת מערכת שתשתלב עם מערכות CAD.
בתחום הרובוטים יש בעיה של לימוד הרובוט. בשיטה המקובלת של הדגמה, הרי כל קו הייצור, שהרובוט הוא חלק ממנו, משותק בזמן שמלמדים את הרובוט את המשימה שעליו לבצע. אם היינו יכולים ללמד את הרובוט כמו שמלמדים את מכונת ה־CNC (כלומר במשרד ולא ברצפת הייצור), זמן זה היה נחסך. לצורך זה מפתחים מערכות של Off-Line Programming ושפות תיכנות מיוחדות. אחת הדרכים היא להיעזר במערכת CAD שבה ניתן לעשות סימולציה של פעולת הרובוט ולנצל את התכונה הקינטית של המערכת הגרפית לשם בדיקת התנגשויות של הרובוט בסביבת העבודה.
ניתן למנות מוצרים רבים נוספים שבאו לעולם כתוצאה מההתפתחות של תחום הייצור בעזרת מחשבים, ושל מוצרים רבים שעדיין דרושים ולבטח יופיעו עם הזמן.
בתחום זה קיימת פעילות פיתוח מוצרים ענפה ומבורכת בארץ, המוצאת את דרכה גם לשווקים בחו"ל.
ברשות פיתוח אמצעי לחימה (רפא"ל) הוקמה יחידה שתפקידה היה ליישם טכנולוגיות שפותחו למטרות אזרחיות. אחד הנושאים היה מערכות ראיה. נושא זה מטופל גם במכון ויצמן. בין החברות הבולטות ניתן למנות את חברת אופטרוטק שמוצריה לבדיקת מעגלים מודפסים, הם אכן פיתוח ופריצת דרך טכנולוגית, ומערך גרפי לתכנון פעולת רובוטים של חברת עוש"פ שהוא מוצר ייחודי. מלבד החברות המוזכרות קיימות עוד למעלה מארבעים חברות העוסקות בתחום ומפתחות או משווקות מוצרים בתחום זה. בין החברות ניתן להזכיר את חברת ניר טכנולוגיות בע"מ, סימטרון בע"מ וחברת קדטק (א.ס.) בע"מ שמוצריהם פופולריים בארץ והם תורמים ליישום תחום זה בארץ.
רוב החברות מסתפקות במוצרי חיקוי ברמת ביצוע נמוכה מהמובילות בשטח אך גם המחיר נמוך יותר.

השפעת אמצעי ייצור ממוחשבים על ניהול הייצור

ניהול מפעל תעשיתי מצריך מידע שוטף על הנעשה ברצפת הייצור. מאמצים רבים הושקעו בעבר בפיתוח מערכות דיווח ידניות או ממוחשבות לקליטת נתונים אלה, מערכות שתמיד היו תלויות ברצון הטוב והדיוק של המדווח. דיווח לא מדויק יכול להביא לידי תפיסת ציוד לייצור חלקים שאינם דרושים מיידית, ומחסור בחלקים להרכבה, הזמנת חומרים מיותרים וכו'. המחשבים במכונות הייצור היו (ועדיין) מחוברים למחשבים אחרים בצורה חד־כיוונית, כלומר, מחשב מרכזי יכול להעביר למחשב המכונה את תכנית העבודה, בליווי, ולא תמיד קיים, פרוטקול תקשורת. מחשב המכונה יודע בדיוק מה המכונה מבצעת, כמות החלקים שייצרה, זמני הייצור, מצב הכלים וכו'. אם ניתן למחשבי המכונות והרובוטים לדווח על ביצועי רצפת הייצור יש להניח שנקבל מידע בר־זמני ומדוייק. לשם כך יש ליצור מערכת תקשורת דו־כיוונית בין המחשב המרכזי ומחשבי המכונות. פיתוח בכיוון זה נעשה כיום ורוב המכונות החדשות מופיעות כמכונות DNC, שבהם אפשרות זו כבר קיימת. למכונות הקודמות ניתן להשיג מערכות נוספות המבצעות את התקשורת הדרושה.
האפשרויות הנפתחות בעקבות ההתפתחות הטכנולוגית של ציוד ייצורי מופעל־מחשב בעל תקשורת דו־כיוונית מביא לידי תפיסה חדשה בניהול הייצור, תפיסה של – CIM Computer Integrated Manufacturing. התפיסה מתפתחת כיום, וכרגיל בתחום עיסוק חדש יש הרבה דעות, גישות, והגדרות לנושא, ויקח לבטח עוד מספר שנים עד שתתגבש תפיסה מוסכמת.
מה שכן מוסכם כיום זה שיש בעיה של תקשורת נתונים בין מחשבי מכונות DNC של יצרנים שונים, מחשבי רובוטים של יצרנים שונים, מחשבי מערכות שינוע AGV, מחשבי מחסנים אוטומטיים AS/RS, מערכות CAD וחיישנים שונים ועוד. נעשית כיום פעילות ערה בתחום תקשורת נתונים במפעל תעשיתי (MAP) בעזרת ועדות בין לאומיות להגדרת הצרכים והסכמה על תקן אחיד. יש התחלות בנושא, אך יש גם אינטרסים מנוגדים של חברות שונות, ובין משתמשים ויצרנים. לאחרונה, בעקבות לחץ יצרני הציוד, התקבלה החלטה להפסיק לרוץ כל הזמן אחרי שיפורים ועדכונים, ולהקפיא את עבודת הגדרת הספציפיקציות לשש שנים.

בארץ יש הבנה רחבה, ואולי מוגזמת לעתים, בהפעלה של מערכות ניהול ייצור מתוחכמות. במדריך 1988 של נותני פתרונות תוכנה לתעשיה ניתן למנות בתחום של ניהול מלאי ומחסן 65 חברות, תוכנה לעץ מוצר מוצעת על ידי 40 חברות, יעוץ לתיב"ם – 28 חברות. רוב החברות נותנות שירותים ומתאימות תוכנה מחו"ל לשימוש המשתמש. מעט חברות מפתחות מערכות ישראליות וגם בהן לא ניתן לראות פיתוח ישראלי מקורי.

יישום מערכות מחשב בנושאים מבודדים הוא מבורך והיווה בארץ ובעולם סיפור הצלחה. שילוב מערכות הוא סיפור אחר. ידוע והגיוני הצורך בשילוב זה, שלכאורה אין בעיה לעשותו, בעיקר מנקודת המבט של המחשב. המחשב מסוגל לבצע הרבה דברים אך המערכות תלויות גם במערכות הייצור, בעובדי הייצור ובשיטת הייצור, שבהם עדיין לא בשלים לאינטגרציה. קיים פער לוגי בין יכולת המחשב והיכולת הטכנולוגית. הנושא של פיקוח ייצור וזימון הוא עדיין בלתי מושלם, חסרים מספר אלגוריתמים. כשהם יהיו אין בעיה למחשב את המערכים, אך בלעדיהם תכנית המחשב צולעת ומתפשרת. מחפשים דרכים ומנסים טכנולוגיות שונות אך טכנולוגיות אלו הן חדישות ועדיין לא הוכיחו את עצמן מבחינה מעשית. הן נשמעות הגיוניות ומבטיחות, ויש חשש שהריצה אחרי החדש, שלא תמיד עומד בציפיות, יביא לידי אכזבה ורתיעה גם משיטות ומוצרים טובים ומהימנים. מספר חברות מפתחות מערכות תוכנה בתחום זה, ומיישמות מערכות משולבות בתעשיה, אך לא תמיד ניתן לראות פיתוח ישראלי מקורי ולא תמיד מופעל שיקול הדעת בין הרצוי והמצוי, וחבל.

השפעת אמצעי הייצור הממוחשבים על שיטות הייצור

בתחום הייצור עצמו כמעט כל פעילויות הייצור מבוצעות על ידי ציוד המופעל על ידי מחשב. ניתן לטעון את החלק בו דרוש עיבוד במכונה בעזרת רובוט תעשיתי, לתת סימן למכונה שהחלק נמצא במכונה ואפשר להתחיל את העיבוד. בגמר העיבוד ניתן להודיע למחשב הרובוט שיפעיל את התכנית המרציאה חלק ידוע מתוך מכונה מסוימת. אפשר לכן לעבור לשיטת ייצור בתאי ייצור, כאשר תא ייצור מורכב ממכונה אחת או יותר ורובוט המשמש לטעינה ופריקה של מכונות תא הייצור. אחת הדרכים להפעלת שיטה זו היא להכין את החלקים לעבודה ולהניחם במקומות המיועדים לכך בעזרת אדם במשמרת ראשונה, ובמשמרת שניה ושלישית לעבד את כל הכמות ללא נוכחות אדם במפעל. דרך ייצור זו פועלת ומקובלת כיום במספר רב של מפעלים. אך למה להסתפק בתא ייצור אחד? ניתן לבנות את המפעל בצורה של תאי ייצור, שתביא ליעילות שיטת הייצור, תקטין את משך הייצור, תקטין את מלאי התוצרת בעבודה ותקטין את עלויות הכנת הייצור. למעשה בגישה זו הפסקנו לדבר על הגדלת פריון העבודה בעשרות אחוזים ומקבלים העלאת פריון במאות אחוזים, דבר שבכל שיטה של שיפור ניהול הייצור לא ניתן להשיגה.

בעזרת מסועי שינוע מופעלי מחשב (AGV), מסועי גלילים או סרטים ממוחשבים, ניתן להעביר חלקים מתא ייצור אחד לשני בפקודת מחשב, ללא התערבות אדם. כך שניתן לקשור בעזרת מיני-מחשב את כל אמצעי הייצור הבודדים שבתאי הייצור למערך מורכב יותר, המסוגל לייצר חלקים הדורשים עיבוד במספר תחנות עבודה, כאשר המיני-מחשב מטפל בנושא של ניהול וזימון הייצור והעברת ההחלטות למיקרו-מחשבים שבמכונות הבודדות לביצוע, וכמובן מקבל דיווח שוטף על התקדמות העבודה לצורך קבלת החלטות של ניהול הייצור. כ-80 מערכות FMS – [Flexible Manufacturing System] פועלות כיום במפעלים תעשיתיים ברחבי העולם, כאשר ברובם מופעלות כ-10 מכונות ייצור בשלוש משמרות, ללא עובדים. בארץ מתעניינים בנושא ויש הטוענים ששתים או שלוש מערכות כאלה פועלות בארץ. הדבר תלוי בטרמינולוגיה בה משתמשים ובהגדרת המושגים.

היתרונות המושגים מרשימים ביותר. כיוון שהמכונות מופעלות מחשב ומכילות מחסן פרטי של כלי ייצור, ניתן לעבור מביצוע עבודה אחת לאחרת בזמן שדרוש לטעון תכנית עבודה מזכרון מגנטי לזכרון המחשב. עקב הזמן הקצר ניתן לייצר חלקים בכמויות קטנות או אפילו בודדות ביעילות של ייצור המוני וביתרון של גמישות של ייצור על ידי אומן.

האפשרויות הגלומות במחשבים כחלקי מכונות וכמנהלי ייצור הן רבות ביותר ואינן נעצרות ב-FMS. ניתן להמשיך ולקשור את תא הייצור למחסן המפעל המנוהל בעזרת מחשבים AS/RS ואת שניהם יחד למחשב המרכזי, המטפל בהזמנות המפעל ותכנון הייצור למערכת אחת, ומספר תאי ייצור FMS ביניהם, ולקבל את מה שחוזים כיום כ-The Factory of the Future או בית חרושת ללא עובדים. והמהדרין גורסים שזה לא בית חרושת של העתיד אלא בית חרושת עם עתיד.


עתונות
TIME
Diplomacy in Crisis
GQ
QUARTERLY
Better Homes
SAY CHEESE!

מהפיכת המיחשוב בתחום העתונאי

אוד גונדר

תהליך המיחשוב הגיע לעתונות הישראלית באיחור מסויים. רק עשר שנים לאחר שמעב־די תמלילים כבר היו בגדר חזיון נפרץ על שולחנם של עתונאים במדינות המערב, החלו המסכים צצים ומופיעים גם על שולחנם של עתונאים בארץ. הסיבות לפיגור הזה היו שתיים. מן הצד הטכנולוגי, היה הצורך בהס־בת חומרה ובפיתוח מעבדי תמלילים עבריים. מן הצד הכלכלי, היתה שאלת היקפי ההשק־עות הנרחבים, ציוד הדפוס הישן, שההגיון חייב למצותו עד תום – והסכמי עבודה עם פועלי הדפוס, שהיו ערוכים במתכונת שלא איפשרה כל שינוי טכנולוגי ללא זעזועים.

מהפכת המיחשוב בעתונות העולמית התנהלה בשני מישורים, מן העבר האחד, עבר השינוי הטכנולוגי על מערכת ההדפסה. טכנולוגית הדפסת הבלט הומרה בהדפסת אופסט. במקום הפקת גליל ההדפסה הסופית בתהליך התכת עופרת ויציקתה, מופק לוח ההדפסה בתהליך צילום. במקום מכונות הלינוטייפ במסדרות העתונים, בהן ייצרו שו־רות עופרת מהן עומד העתון, במקום סדרי היד, אשר אספו את אותיות הכותרות באו־רח ידני, אות אות למקומה, אפשר היה לע־בור למכונות סדר צילום. הטקסט והכותרת מוקלדים על גבי מסוף, מקבלים את הוראות הסדר שלהם ומצולמים על גבי נייר ברומייד. העימוד נעשה על ידי חיתוך הנייר והדבקתו על תבנית העמוד ("גריד"). ראשיתן של מכו־נות סדר הצילום – במערכות אלקטרוניות יעודיות, שקשה לראותן כלל כמחשבים. המשכן – במימשקים בין מערכת הצילום ובין מערכות מחשב ועיבוד תמלילים סטנדרטיות.

הכיוון האחד של מהפכת המיחשוב בעתונות הוא אם כן מן הדפוס ואחורה, אל תהליכי העימוד וההפקה. הכיוון השני, הוא מן העתונאי וקדימה: תהליכי כתיבת החומר, העברתו ועריכתו. כאן, היתה ההתחלה הרבה עניין של יוזמות פרטיות. לא מעט עתונאים רכשו בכספם מחשבים אישיים – אפל ויבמ – והחלו כותבים עליהם בביתם. מה שמייחד קבוצה חלוצית זאת הוא בדרך כלל היותה מורכבת מפובליציסטים, כותבי מאמרים, ולא מכתבי חדשות. עבור האחרו־נים היה התהליך של כתיבה, הפקה במד־פסת והעברת הפלט ידנית אל העתון עניין ארוך מדי. התחליף, בדמותה של כתבנית לה אתה מכתיב בטלפון, קל הרבה יותר.

תהליך העבודה בעתונות העברית עד אמצע שנות השמונים התנהל על פי המתכונת הבאה:

1. העתונאי כותב במכונת כתיבה או מכתיב בטלפון.
2. החומר – על גבי נייר – עובר לידי העורך או המשכתב. במקרים מסויימים הוא נכתב מחדש, בדרך כלל הוא נערך ביד, על גבי הנייר המקורי.
3. החומר מועבר באמצעות שליח למסדרה. הכותרת מופרדת מן הטקסט ונמסרת לסדר יד. הטקסט נמסר לסדר מכונה.
4. לאחר הסידור, מבוצעת הגהה. שורות שגויות מסודרות שוב, ומוכנסות למקומן.
5. העמוד המלא מעומד, טור אחר טור של שורות עופרת.
6. הגהה שניה ותיקונים.
7. העמוד נשלח ליצור מטריצה, ממנה יופק גליל ההדפסה.

תהליך זה היה עתיר עבודה ברמת המסדרה – והעובדים היו עובדים יקרים יחסית. משך שנים ידע סקטור הדפוס בעתונות לנהל מאבקים מקצועיים ביד קשה, שהביאו לו הישגים של ממש. העובדה שמדובר בעבודה יחודית, המשלבת דרישות לנכונות לעבודה בתנאי תעשיה (חום ולכלוך סביב מכונת הלינוטייפ) עם רמת השכלה והתמצאות, אותן מכתיב אופי הטקסט, סייעה לדרישותי־הם.

כבר בראשית שנות השמונים היה ברור, כי התהליך שעבר על עתונים בחו"ל חייב להגיע גם לארץ. העיכוב בכניסה אליו הוביל לכך שבדרך כלל היה המעבר בעתונים העבריים כפול: השינוי בטכנולוגית ההדפסה, מבלט לאופסט, אשר הקדים במקומות רבים את השינוי באופן ההפקה, בא אצלנו יחד עם השינוי בטכנולוגית הסדר.

היו צדדים חיוביים לעיכוב הזה. בעוד שב־חו"ל הופיעו תחילה המסדרות האלקטרו־ניות, ורק כעבור שנים אחדות הוכנסו לשי־מוש מחשבי העתונות – אפשר היה, ביש־ראל, לעבור ישירות למערכות עתונות מל־אות.

"על המשמר" היה העתון העברי הראשון שביצע את תהליך ההסבה. הפתרון שנבחר כאן היה של מערכת "בדפורד", שהיא ביסו־דה מערכת סדר. מי שישבו ראשונים על ידה היו עובדי הדפוס הוותיקים, שהמירו את מכונות הלינוטייפ במסופי מחשב. מסדרת העופרת הוחלפה במסדרה אלקטרונית, כאשר בשלב הראשון לא חל שינוי של ממש בנוהלי העבודה העתונאית.

"על המשמר" ניצל את ההזדמנות גם לערי־כת מהפכה מושלמת במבנה העתון. במקום פורמט הגליון המלא, בו הודפס עד אז, עבר לפורמט טבלואיד. אחת הסיבות לשינוי היתה, כי הפורמט החדש נוח יותר, תיאור־טית, לעימוד ממוחשב. בפועל, ניצול האפש־רות התיאורטית הזאת עודנו מוגבל. כיום, עומד "על המשמר" על סף השלמת מעבר למערכת עתונאית מלאה, מתוצרת ATEX.

שיתוף פעולה בין מתחרים

מידה רבה של שיתוף פעולה ליוותה את העתונים בארץ בתהליך בחירת הציוד שלהם. יש לעתונות בישראל הסטוריה של עזרה הדדית בעת משבר: כאשר נשרף דפוס "הארץ" יצא העתון מבנין "דבר" – אם כי שיתוף פעולה בין עתוני הערב היה עניין נדיר הרבה יותר. היה ברור, כי ללא מידה רבה של שיתוף פעולה אי אפשר יהיה להב־טיח גיבוי מספיק ללא השקעות עתק. יותר מזאת: יש חסכון ברור בחלוקת הוצאות הפיתוח בין מספר לקוחות. מאחורי שיתוף הפעולה עמדה גם השאיפה שלא להיקלע לתחרות חריפה מדי על לוחות הזמנים: פרוייקט מיחשוב מתואם מבטיח כי המתחרה לא יצא לרחוב לפניך בלבוש חדש – ולפיכך אתה יכול לבצע את ההסבה בניחותא.



ההיצע בשוק מערכות העתונות רחב ביותר. במקרים רבים מדובר ב־OEM של חברות גדולות. OEM אלה, מתבססים על יע"מ מוכר, מפתחים עבורו ציוד היקפי יעודי לצרכי עתו־נות וכותבים חבילות תוכנה מתאימה. תוכנה מקובלת כוללת שלוש רמות: מערכת הפעלה, מערכת ניהול עבודה – ושפת סדר. סדרת ה־PDP של דיגיטל היתה בשעתה אחת היותר פופולריות בענף זה. מערכות

עתונות, על פי אופיין, דורשות מידה רבה של מהימנות. רבות מן החברות פנו איפה לפתרונות non-stop למיניהם. יש איפה בין היצרנים מי שהציבו יע"מים מקובלים בזוגות, דוגמת אלה של "טנדם". מתוך ההיצע הרחב הזה, צריך לנפות כמובן את אותן חברות שאינן מעוניינות בעסקים עם ישראל – ויש לא מעט כאלה. אסור לשכוח, כי שוק העתונות בארץ מוגבל ביותר בהיקפו: חמש או שש מערכות הן המקסימום אליו ניתן להגיע. לאחר שיקול ובדיקה, בחרו "ידיעות אחרונות" ו"מעריב" בפתרון מתוצרת SII. החברה, שהיא OEM של טנדם, נחשבת מן המובילות בענף מערכות הסדר בעשור הטכני. "אלדור" נבחרה כנציגת "טנדם" בישראל, והיא אחראית למתן שירות למערכת. משך חודשים ארוכים עסקו אנשי החברה, בשיתוף עם לקוחותיהם, בהסבת התוכנה לעברית. שיתוף הפעולה בין "ידיעות אחרונות" ל"מעריב" כבר נבחן בפועל בעת תקלה. למעשה, קיים קו תקשורת קבוע בין מערכות המחשב בשני העתונים – אשר אינו בשימוש אלא במקרי חירום.

"הארץ", שניהל גם הוא מו"מ עם SII, החליט בסופו של דבר לרכוש מערכת מתוצרת ATEX. המערכות הראשונות שרכש הובאו לארץ על ידי "מפעל תרגומי מדע", או בשמו המאוחר יותר – SII. אנשי SII הסבו את המערכת לעברית, וניצלו אותה לצרכי סדר – מבלי שנזקקו כמובן לצד העתונאי שלה. כאשר פשטה SII את הרגל, ב-1984, רכש "הארץ" את הציוד מכונס הנכסים. היתרון היה ברור: מערכת עובדת, במחיר נוח. החסרון היה בהתבססותה על טכנולוגיה מיושנת יחסית: 11/34 עם מערכת הפעלה יחודית, שלא ניתן לגדול בתוכה אל הוואקס, ומסכי וידאו הבאים לתת פיצוי על היע"מ האיטי יחסית.

"חדשות", שהיה אותה עת בהליכי הקמה, הוא העתון העברי היחיד שנולד אל הטכנולוגיה החדשה. כאן, מתבססים על שילוב מגוון של "בדפורד" (כמו ב"על המשמר"), ATEX – ההופך לתקן בקבוצת "הארץ" כולה, כולל העתונות המקומית, ומספר מחשבים אישיים. "העיר" החל את דרכו על מערכות וונג, שפעלו כמסדרה בלבד.

שתי גישות גרפיות סותרות אפיינו את המעבר לטכנולוגיה הממוחשבת. היו עתונים שהחליטו כי השינוי בטכנולוגיה אינו מצדיק שינוי בעיצוב: "הארץ" או "דבר" בעידן המחשב אינם שונים מהותית בטיפוגראפיה או בעיצוב ממה שהיו ערב שינוי הטכנולוגיה. לאחר המהפך העיצובי שעבר על "על המשמר", וכמובן שבלי קשר אליו, החליטו ב"מעריב" לנצל את יתרונות גמישות העיצוב שמקנה המערכת החדשה. אות הפרנקריהל הקלסית הוחלפה באות נרקיס, ומבנה העמודים עבר מהפך יסודי.

יותר ממעבד תמלילים

מערכת עתונות היא יותר ממעבד תמלילים. עיקר כוחה של מערכת כזאת הוא ביכולת השליטה והבקרה שהיא מקנה למשתמש – בעיקר בדרג העורכים – על זרימת החומר וניהולו. הזרימה במערכת מתחילה בשורת שערים חיצוניים: מערכת העתונות קשורה לסוכנויות ידיעות, עבריות או לועזיות, באמצעות כרטיסי טלקס או תקשורת מחשב מלאה; לסניפים של העתון, בהן פועלות רשתות מקומיות – באמצעות קווי נל"ן, ובעיקר היא תומכת ברשת מורכבת של קווי תקשורת, אליהם מתקשרים עתונאים מן השטח או מבתיהם. הקשר עשוי להיות באמצעות "עורק רשת זהב", "ישראנת" או בחיוג ישיר. זהו מערך עדין, המחייב תשומת לב קפדנית לשאלות ביטחון. "ידיעות אחרונות", צריך להזכיר, כבר נפגע במקרה בו "שתל" נער חובב מחשבים ידיעה מוטעית במחשב שלו. הידיעה עסקה בחקירה פלילית המתנהלת כביכול נגד מורהו של אותו נער – ו"ידיעות אחרונות" נאלץ להתנצל. בצד השערים החיצוניים, קיים כמובן החומר הנכתב במערכת העתון עצמה. לכל כתב LOG-ON משלו, כולל מילת קוד, המקנה לו כניסה לחומר שיצר, כל עוד לא שלחו לטיפולו של עורך – והרשאה, על פי העניין והסמכות שהוקנתה לו, לעבור ולטפל גם בחומר אחר. העורכים והמשכתבים מבצעים מה שמקובל להגדירו כעיבוד תמלילים – בצד קביעת גודל הכותרת ומבנה הטור. טיפול בהוראות סדר הוא כיום נחלתם של עובדים עתונאיים – ושל עובדי דפוס, ותיקים וחדשים. אלה כאלה עושים שימוש בפורמטים קבועים, שנכתבו על ידי מתכנני העיצוב הגרפי של העתון. מכאן, עובר החומר, ברמת עימוד סופית כזאת או אחרת, למכונות סדר הצילום – כאשר תהליך העימוד הסופי עודו ידני בדרך כלל.

כל אחד מן המשתמשים יכול, על פי הצורך, לבנות לעצמו מדריכים ורשימות קבצים, המספקים אינפורמציה לגבי סוג החומר, כמותו ושלב העבודה בו הוא נמצא. המערכת שומרת לעצמה העתקי גיבוי, בשלבים שונים של העריכה, בצד הגרסה האחרונה. הזרמת החומר משלב עבודה אחד למשנהו עשויה להיות אוטומטית – או באורח יזום, הכל על פי הרגלי העבודה באותו עתון.

את העימוד הסופי מעדיפים עדיין במקרים רבים לעשות באורח ידני, בעזרת "סכין יפני", על גבי דפי עימוד. מסכי עימוד אלקטרוני זמינים כבר כיום – אולם מחיריהם מרקיעים שחקים. צרכיו היום-יומיים של עתון יומי אינם דורשים מערכות כאלה, בעיקר אם נזכור את ההבדל בהשקעה: עד מאות אלפי דולר לתחנת עבודה ראשונה – לעומת ארבעה או חמישה דולר לשעת עבודה של גרפיקאית-ביצועיסטית. חלקים מן העבודה, עמודים מסויימים בעתון, מבוצעים כבר ברמה גבוהה יותר של עימוד ממוחשב. יש להניח, כי מגמה זאת תלך ותתרחב בעתיד. אגב, עתונים יומיים רבים בעולם – בהם גדולים ומכובדים, עודם עובדים באורח זהה.

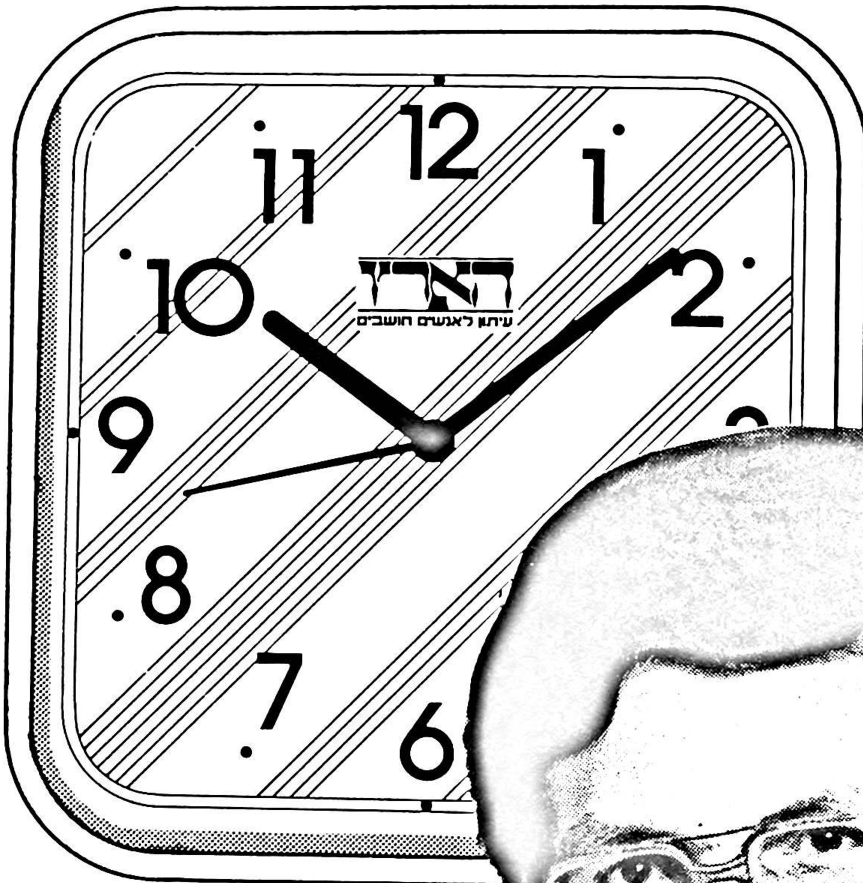
לאחר העימוד, בא צילום העמוד המוכן, ואחריו הפקת לוח ההדפסה, בתהליך צילום נוסף. טכנולוגיה של "direct to plate", משלוח העמוד המלא ממערכת הסדר אל לוח ההדפסה, ללא הוצאת נייר ברומייד וללא מגע ידני כלשהו, זמינה כבר כיום – ויש לצפות כי עם הוזלת מחירה ייעשה בה שימוש נרחב יותר.

תהליך המיחשוב הביא לקיצוץ מהותי בכוח האדם באגפי המסדרה בעתונים. לעתים מדובר ב-60% מן העובדים. סדרות המכונה נעלמה, בשל העובדה ששוב אין צורך בהקלדה חוזרת של החומר. במקרים בהם יש צורך בהקלדה – מודעות לוח או חומר המגיע מכותבים חיצוניים, על גבי נייר, גבוה ההספק של קלדנית מסוף מיומנת פי שניים עד שלושה מזה של סדר מכונה מיומן. שכר העבודה שלה, אגב, עומד על שליש עד חצי משכר עבודתו. צרכי ההגהה צומצמו, כיוון ששלב ה"בוחר הזעצר", סדר המכונה שרבות מהטעויות יוחסו לו – שוב אינו קיים. פחות אנשים דרושים בשלב העימוד – ומי שעוסקים בכך הם, שוב, עובדים זולים יותר. לעומת החסכון בכוח האדם בשלבים אלה, יש תוספת עובדים מסויימת בשלב העריכה העתונאית. עריכת מסוף, גם לעורך מיומן, איטית יותר בדרך כלל מעריכה על גבי נייר. כאן, נכון אולי להוסיף הסתייגות אחת: ככל שהעריכה מסתבכת – השימוש במחשב כדאי יותר.

במדינות רבות לווה המהפך הטכנולוגי של העתונות בשביתות ועימותים חריפים בין עובדים להנהלות. עבור סקטור הדפוס, היה כאן עניין של מקצוע הולך ונעלם, של ידיעה כי מה שלא יושג היום אי אפשר יהיה לעולם להשיגו. העתונאים נדרשו לשנות רבים מהרגלי עבודתם, לעבוד מול מכונות, להשתלט על טכנולוגיה שיש בה לא פעם משהו מפחיד ומרגיז. אין דבר מעצבן יותר ממאמר של 1,000 מילים שנבלע במחשב – זולת אולי מאמר אבוד בן 1,500 מילים. בישראל, התנהל המעבר באורח חלק יחסית, למעט שביתה בודדת של עובדי הדפוס ב"הארץ". עובדי הדפוס, בכל העתונים, יכלו לבחור בין הסבה מקצועית והמשך עבודה בתנאי השכר הקודמים שלהם בשילוב זכות לפיצויים ובין פרישה לאלתר וקבלת פיצויים מפליגים, עד 250%. העתונאים זכו לתוספת שכר של עד 6% בגין המעבר לטכנולוגיה החדשה. היו בהנהלות העתונים מי שטענו כי גם תוספת זאת מופרזת – שכן מערכות המחשב שיפרו באורח ניכר את איכות חייהם של העתונאים. במערכות העתונים נעשו הסדרים שונים על מנת לאפשר לעתונאים לעבוד בביתם. במקרים מסויימים הועמד לרשותם סיוע במימון – ובאחרים רכש העתון עבורם מחשב (ברמת "רדיו-שק") ומודם. מגוון הציוד המשמש כיום עתונאים בארץ כולל יבמ ותואמיו, אפל, קייפרו, וונג, טנדי 100 ואחרים.

שלוש שנים לאחר מהפכת המיחשוב בעתונות הישראלית, נותרו עדיין תחומים בלתי מכוסים. אלה כוללים את העימוד, איחסון התמונות והטיפול בהן – והארכיון. מהפכת המיחשוב איפשרה הוזלת עלויות מהותית בעתונים קיימים – והוצאתם לאור של עתונים חדשים, על בסיס תחשיבי חדש. עד כמה שיפרה המהפכה הזאת את רמת החומר המופיע בעתון – זו כבר שאלה אחרת.

דקה מחשבה על השנה הבאה.





אומרים שבשנה הבאה
יהיה חם יותר, אבל זה בגלל הקיץ,
ואולי בגלל הבחירות, או השטחים.
איזה נושא יתפוס
נתח גדול יותר בחדשות?
לא נשאיר אותך במתח.
הארץ יגיע אליך בוקר־בוקר
עם חדשות טריות, כתבות רציניות
ודעות של אנשים חושבים לאנשים חושבים.
מה עוד?
הנחה של 20%
למשך ששה חודשים ראשונים.
וגם שעון קיר מהודר במתנה.

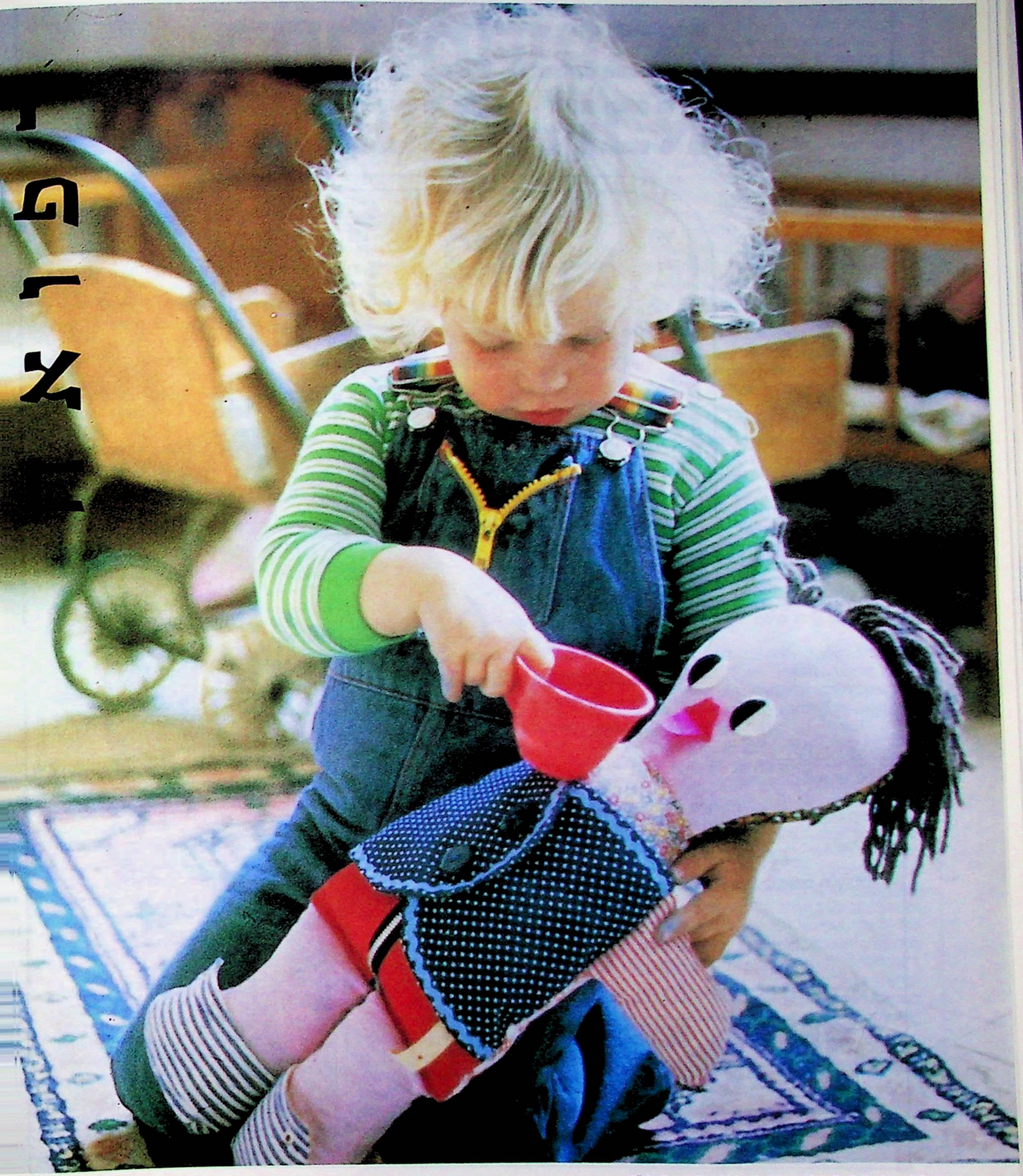
המבצע למנויים חדשים בלבד.

הארץ

עיתון לאנשים חושבים

להזמנות נא פנה אל מחלקת קידום ופיתוח - עיתון הארץ, טלפון: 03-5121339, 03-5121340.

א.ג'. · פרסום ושיווק



עיבוד המידע במערכת הבריאות לקראת הבראה

אסא ריכרט, יו"ר האיגוד הישראלי למערכות מידע ברפואה, בהשתתפות **ע. דגן, י. טנר**

המשבר המתמשך במערכת הבריאות חשף לפני הציבור היבט נוסף, ופחות מוכר, של המערכת שלשירותיה נזקק רוב הציבור במועד זה או אחר.

שאלות חשובות ורבות־משמעות נזרקות לחלל האוויר וכמספר הגורמים המעורבים במשבר, כן מספר התשובות הניתנות.

כמה חולים ממתינים היום לניתוחים שונים בארץ? מהו אורך האישפוז הממוצע להליך מסוים? כמה ניתוחים מתבצעים במרכז רפואי זה או אחר, בפרק זמן נתון ומאיזה סוג? מהו צוואר הבקבוק? (אחיות? רופאים? טכנאים? מכשירים? מתקנים? ואחרים?).

ריבוי התשובות השונות לשאלות אלה מצביע, כי מערכת הבריאות בארץ, לא רק שאינה מסוגלת להתמודד כיאות עם הבעיות, אלא אף אינה יכולה להשיב בצורה בדוקה, מוסמכת, עדכנית ונכונה לשאלות אלה ודומותיהן, שהתשובות אליהן הן מספריות, דטרמניסטיות ופשוטות יחסית, אם עומד לרשות המערכת מערך מידע הפועל כיאות. חשיבותה של מערכת המידע הרפואי מקבלת משנה תוקף לאור העובדה כי פעילותם של מוסדות הבריאות מסתמכת על מספר רב של נתונים, מהם מופק המידע המקצועי רפואי והמינהלי המשמש בסיס לכל מקבלי ההחלטות.

כמות המידע העומדת לרשות הרופא (אנמנזת החולה, בדיקות מעבדה, בדיקות פיסיקליות, מידע רנטגני, מיפויים ועוד) בתהליך האבחנה הינה רבה ביותר. מספר פריטי המידע, סוגם וכמותם נמצאים בקו עליה באופן מתמיד, הן ברמת החולה הבודד והן ברמת אוכלוסית החולים.

גורם נוסף בעל השפעה ניכרת על הצורך במידע הוא הגורם הכלכלי. ההתפתחות הטכנולוגית של מערכות הבריאות במחצית השניה של המאה הנוכחית, העליה בכושר האיבחון, הכנסת אמצעים חדישים לטיפול במחלות (שנחשבו חשוכות מרפא לפני כמה עשרות שנים), איבחון טרום לידתי וטיפול מוצלח במומים מולדים, פיתוח אמצעים יקרים לטיפול בתופעות שעוד בדור הנוכחי נחשבו חסרות תקוה והעליה הניכרת בתוחלת החיים בעולם, הביאו לעליה משמעותית בהוצאה הלאומית לבריאות בכל מדינות המערב המפותחות.

המצב המתואר לעיל הינו כמובן קרקע אידיאלית לפריחתן של מערכות מידע ממוחשבות, אשר ישמשו למערכת הבריאות רבת ההיקף והנתונים כלי עבודה בסיסי לשליטה, בקרה ותכנון. מפתיעה לכן היא העובדה, שלמרות האמור לעיל, מיחשובה של מערכת הבריאות במדינת ישראל פיגר בהרבה אחרי מיחשוב מערכות אחרות, שבעליל אינן קודמות לה בסדר העדיפויות הלאומי.

אין להתעלם מכך, שהעובדה כי בנושא הבריאות והרפואה עוסקים בארץ מספר רב יחסית של גופים ואפילו ברפואה האישפוזית אנו מוצאים ארבעה ארגונים (ממשלה, קופות חולים, ההסתדרות הרפואית הדסה* ומוסדות פרטיים), הינה סיבה בלתי מבוטלת לפיגור במיחשוב הכולל של הנושא. שכן, קביעת מדיניות ואסטרטגית המיחשוב הכוללת, שהינה כמובן אבן היסוד בהקמת מערכת המידע, לא נעשתה ברמה הלאומית עד עצם היום הזה.

אולם, עובדה זאת כשלעצמה עדיין אינה מסבירה מדוע מערכות כמו קופ"ח הכללית והמערכת הממשלתית, שהינן מערכות אישפוז המונות אלפי מיטות, מעסיקות עשרות אלפי עובדים ופועלות בתקציבי ענק, נכנסו בצורה אינטנסיבית לנושא המיחשוב רק בשנים האחרונות, בעוד שבעולם נעשה הדבר כבר במהלך שנות השישים.

את מערכות הנתונים המהוות את בסיס המידע הרפואי ניתן לחלק למספר קבוצות עיקריות:

1. נתונים לגבי הפרט והאוכלוסיה, הכוללים:
   - א. פרטים אדמיניסטרטיביים ודמוגרפיים על אוכלוסיה המיועדת לקבל סיוע רפואי.
   - ב. נתונים על האנמנזה הרפואית של הפרט בעת מפגשו עם מערכת הבריאות.
   - ג. נתוני תוצאות בדיקות העזר האבחנתיות.
   - ד. נתוני טיפולים, תרופות ופרוצדורות כירורגיות שבוצעו.
   - ה. שילוב מערכות תומכות החלטה במסד הנתונים הרפואיים.
2. נתונים בעלי אופי מינהלי וכלכלי לגבי מתקני אספקת השירותים (מרפאות, מכונים, בתי חולים וכו'):
   - א. ניהול מערך המבקרים וצרכני השירותים של המוסדות.
   - ב. ניהול מערך בדיקות העזר.
   - ג. ניהול, מעקב ובקרה אחר התשומות והתפוקות של כל יחידה, מיתקן ומערכת.
   - ד. ניהול המערך האלטרנטיבי למקרי אסון ולשעות חירום.
3. מידע הנוגע לאיכות ועלות השירות:
   - א. מידע על עלות אלטרנטיבות האיבחון והטיפול.
   - ב. מחקרים השוואתיים הנוגעים לאיכות הטיפול (ביחידות דומות) בהשוואה לתשומות הנדרשות לביצוע.
   - ג. מחקרים אפידמיולוגיים ומסקנות אופרטיביות לגבי אוכלוסית נזקקי השירות.
   - ד. הצעות לשיפור תהליכי איבחון וטיפול לאור המסקנות הטמונות בבסיס הנתונים.
   - ה. בדיקת פוטנציאל השירותים ואפשרות "מכירת" שירותים נוספים לאוכלוסיה.
4. מידע המיועד לסיוע למקצועות הרפואה, כגון:
   - א. גישה למאגרי מידע חיצוניים.
   - ב. מידע לגבי מחקרים ועבודות המבוצעים במיתקן, במוסדות סמוכים ובמוסדות האקדמיים.
   - ג. מידע על תרופות ורעלים.

לצערנו, עד לאחרונה, כללה הפעילות בארץ אך ורק מקטעים קטנים יחסית מתוך הרשימה דלעיל. עד היום אנו מוצאים במערכת הבריאות מוסדות ומרכזים רפואיים שאינם ממוחשבים כלל, ואחרים בהם מוחשב חלק מזערי מפעילותם.

בקופ"ח הכללית, אשר משתמשת במחשב מרכזי למיחשוב מערך המידע, נמצא "קובץ המבוטחים" בין הישגי המיכון בשנים האחרונות. קובץ זה, המכיל את הנתונים הדמוגרפיים והמינהליים (רופא, מרפאה, מחוז וכו') של אוכלוסית המבוטחים, מונה היום למעלה מ־3 מיליון נפש. המטרות לשמן הוקם הקובץ היו לספק מידע עדכני לגבי אוכלוסית המבוטחים לכל רמות מספקי השירות, לאפשר תכנון אמצעים (כ"א, ציוד, מיתקנים וכו') ולהוות בסיס לרשומה רפואית ממוחשבת והעמקה עתידית של המיחשוב בקופה. המרפאות הכלליות של קופ"ח משתמשות "בקובץ המבוטחים" ככלי עבודה מינהלי יום־יומי שוטף (ניפוי כרטסות, עדכון מידע הקיים במרפאה וכו'). להנהלות המחוזות משמש המידע המופק מהקובץ להקצאת כ"א ואמצעים למרפאות, תכנון שירותים, ביצוע התשלומים לרופאים, הנובע ממספר הנפשות שבטיפולם וכו'. ההנהלה המרכזית של קופ"ח משתמשת במידע שמעמיד הקובץ לרשותה ע"מ לקבוע את התקציב השוטף למחוזות, הקצאת תקנים למוסדות, תכנון עתידי וכו'.

* סקירה זאת אינה כוללת את מערכות המידע במרכז הרפואי הדסה בירושלים, המתוארות בנפרד בגליון זה.

העבודה המתבצעת במרפאות הקופה הינה עבודת off line ונעזרת בטפסים הממולאים במרפאות ומוקלדים למחשב ביחידה המרכ־זית. הקובץ מתעדכן תקופתית והדוחות המופקים מודפסים לאחר עדכון. אין צורך להרבות במילים ע"מ להסביר, כי אין מערכת בלתי מקוונת זו עומדת בשורה הראשונה של "מערכות מידע לרשות הרפואה" לקראת סוף שנות השמונים.

לעומתה, מערכת המאושפזים של קופ"ח הכללית מהווה קפיצת דרך בהשוואה ל"קרבן המבוטחים". המערכת האינטראקטיבית מופעלת היום ע"י כמעט 100 תחנות עבודה שבחלק מבתי החולים של הקופה בארץ, ומיועדת בעתיד לפעול, באמצעות המחשב המרכזי, בכל בתי החולים של הקופה, המבצעים למעלה מ־300,000 אישפוזים מידי שנה.

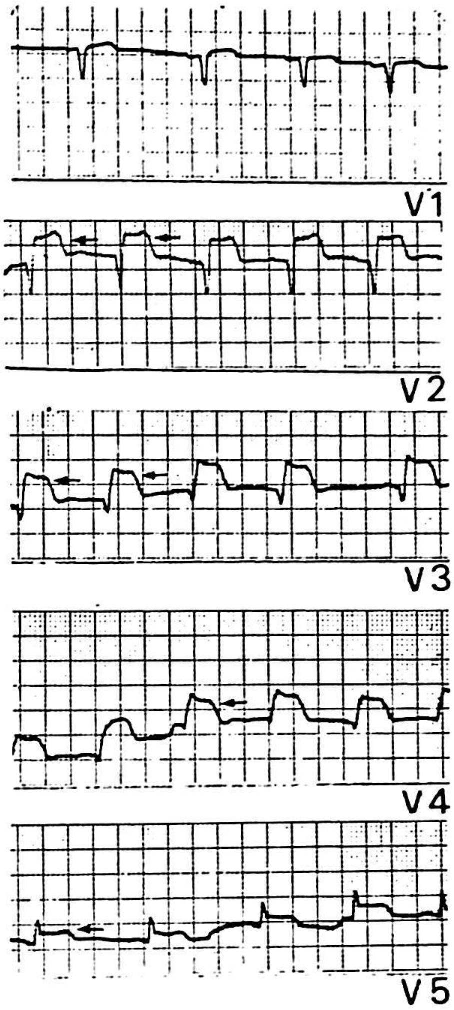
במעמד הקבלה לאישפוז בודקת המערכת, המופעלת ממשרדי הקבלה וחדרי המיון, את זכאותו של הפונה לקבלת השירות, דבר ההופך את השימוש המסורבל בטפסי 17 למיותר. המערכת מספקת מידע לגבי אישפוזים קודמים של הפונה ומאפשרת ע"י כך להפנותו למחלקה בה היה מאושפז בעבר ובה מוכרות בעיותיו הרפואיות. המערכת, המפיקה במעמד הקבלה מדבקות זיהוי המשמשות את החולה במהלך האישפוז, משמשת כבסיס מידע על אוכלוסית המאושפזים לצרכי המחלקות הנזקקות לכך, כגון המחלקה לרשומות רפואיות המשתמשת במערכת ע"מ למחשב את סימול האבחנות והניתוחים לפי טבלת הקודים המקובלת המצויה אף היא במחשב. כך, מסוגלת המערכת להעמיד לרשות הרופא בחדר המיון דוח מרוכז הכולל את אבחנות העבר של החולה בכל בתי החולים של הקופה, דבר בעל משמעות ניכרת כאשר מדובר בטיפול הדחוף הנדרש לעתים בחדר המיון.

מערכת האישפוז משמשת כבסיס מידע רב־ערך הן ברמה המינהלית והן ברמה הרפואית. המערכת מסוגלת, לדוגמה, להפיק דוח "ממתינים לניתוחים" לפי מחלקות, מרכזים רפואיים וכמובן סוג ואופי הניתוח. דיווח על סיבות האישפוז לפי מחלקות מאפשר השוואת הפעילות בין מחלקות דומות. אינדקס אבחנות בשחרור מאפשר לקבל מידע רב־ערך על פעילות המוסד.

מערכת האישפוז דלעיל הינה אך ורק "קצה הקרחון" ביחס לסה"כ הפעילות המתבצעת בקופ"ח, שכידוע מבססת את רוב פעילותה על המרפאות הקהילתיות. הפעילות המינהלית והרפואית של מרפאות אלה לא זכתה למיחשוב כולל עד עצם היום הזה.

רק בשנה האחרונה ניגשה קופ"ח להתמודד עם הבעיה ו"ניסוי שטח" המתבצע עתה עשוי להצביע על הפתרון המיטבי שיירשם כנראה בעתיד במרפאות הקהילתיות הרבות של קופת החולים.

זאת ועוד, מבדיקה שנערכה לאחרונה, ע"י גוף חיצוני, במערכות המידע של קופ"ח, עולה כי למרות השקעות כספיות בלתי מבוטלות שנעשו בקופ"ח במשך השנים לא הגיעה הקופה להישגים שיאפשרו למערך



המידע להשתלב בצורה משמעותית במערך הניהול של הקופה.

חריג מסוים "בנוף המיחשוב" של מרפאות הקהילה מהווה היחידה למיחשוב רפואי במרכז הרפואי סורוקה ובפקולטה לרפואה שבאוניברסיטת בן־גוריון. צוות זה, בשיתוף עם היחידה לרפואה ראשונית שבאוניברסיטה, המפעיל שני פרויקטים למיחשוב מרפאות קהילתיות בנגב, במרפאת אופקים ובמרפאת ירוחם, הגיע להישגים מרשימים בעבודתו זו.

במרפאת ירוחם מפעילה היחידה מודל מיכון של "רישום לפי בעיות" (problem oriented medical record) לתיק החולה במרפאה. תיק החולה, ובמקביל תפריטי העזר במערכת המחשב, מחולקים לפי בעיות החולה. מודל זה מופעל בהצלחה רבה במרפאה ואחת הסיבות לקליטתו הטובה, המתבטאת אף בעצם הפעלתו ע"י הרופאים עצמם, היא כנראה העובדה שהוא מחקה בצורה מסוימת את הלך המחשבה של הרופא בעת תהליך האבחנה.

במסגרת המחקר המתבצע בפקולטה למדעי הבריאות בבאר שבע, נבדקת במרפאת אופקים יעילות השימוש באלגוריתמים רפואיים ממוחשבים בעבודת המרפאה. האלגוריתמים הרפואיים הממוחשבים שימשו עד עתה בעיקר לנושא הלימוד והחינוך הרפואי. במרפאת אופקים מסייעים האלגוריתמים הממוחשבים בעבודה הרפואית המתבצעת ע"י עזרה בבדיקה, איבחון וטיפול בהתאם לנתוני האנמנזה, הבדיקה הפיסיקלית ובדיקות העזר המבוצעות לחולי המרפאה.

עובדה מענינת נוספת של הפעילות באיזור הנגב, הבאה לידי ביטוי במערכות המידע שמפעילה היחידה למיחשוב רפואי, טמונה בעובדת היחודיות של המערך הרפואי בנגב. בי"ח יחיד בכל האיזור, אחידות רבה של ספק השירות הרפואי בקהילה (קופ"ח הכללית) וקשר הדוק ומעורבות רבה של האקדמיה.

כפי שניתן להסיק מהריישא למאמר זה, גם משרד הבריאות אינו יכול להתהדר בהישגים משמעותיים בנושא מיחשוב מערכות הבריאות, עליהן הוא מופקד ושאת חלקן הוא מפעיל.

פעילותה העיקרית של יחידת האוטומציה, הממונה על נושא ענ"א במשרד הבריאות, התרכזה במהלך שנות השבעים בהפעלת מערכות אצווה גדולות, אשר בהסתמך על דיווח ידני ע"ג טפסים, השתמשו בלשכות שירות והפיקו, פעמים רבות באיחור ניכר וברמת מהימנות נמוכה, דוחות מודפסים לשימוש המשרד.

המערכות העיקריות שהופעלו במהלך שנות השבעים ע"י משרד הבריאות כללו:

א. מערכת קבלה והתחשבנות כספית של מערך האישפוז שהופעלה ע"י מל"מ מערכות.
ב. התחשבנות כספית של המערך האמבולטורי שהופעל ע"י לשכת השירות של יבמ.
ג. מערכת "אבחנות בשחרור" שהופעלה בלשכת השירות של יבמ.
ד. מערכת מלאי שהופעלה בעבר ע"י NCR ולאחר מכן ע"י חברת יעל.

נוסף למערכות אלה בוצעו ע"י יחידת האוטומציה של המשרד "ניתוחי מערכת" לפעילויות שונות הקשורות בתפקידו של משרד הבריאות. רוב עבודות אלה לא הגיעו, בעיקר מחוסר תקציב, לשלב של מערכת ממוחשבת פעילה.

קרן אור ב"אפילת המיחשוב" של מערך הבריאות הממשלתי לפני כעשור שנים, הינה פעילות המשרד במיחשוב ביה"ח שיבא ובמידה מסוימת פעילות המיחשוב העצמאית בה נקטו מאוחר יותר בתי החולים ע"ש רמבם ורוטשילד בחיפה.

כבר במחצית הראשונה של שנות השבעים החליט משרד הבריאות על פרויקט למיחשוב המרכז הרפואי הגדול בארץ – ביה"ח ע"ש שיבא שבתל השומר. לביצוע המיחשוב, שאמור היה להיות פרויקט האב למיחשוב שאר מוסדות הבריאות הממשלתיים, נבחרה לאחר מכרז חברת יבמ. בהתבסס על מחשב מרכזי בארכיטקטורת 370 הוחל במיחשוב

מערכת הקבלה ורישום החולים ובמערך המעבדות.

במשך השנים שחלפו מוכנו בבי"ח זה מערכות נוספות רבות. ביניהן מערכות שמיכונן נעשה ברמה המקצועית הגבוהה ביותר לפי כל קנה מידה. מלבד מערך הקבלה ומערך המעבדות שהוזכרו, ראויות לציון מספר מערכות נוספות.

מערכת מרפאות חוץ המשמשת ככלי ניהולי למיגוון השירותים האמבלטוריים המופעלים בביה"ח, וכוללת בתוכה מערך זימונים מרכזי, רישום דמוגרפי וקליני הכולל מלבד האבחנות אף את תוצאות הבדיקות, את הטיפולים שבוצעו והמלצות להמשך טיפול. מלבד יעול הטיפול בחולה הבודד משמשת המערכת אף ככלי סיוע לחלוקת המשאבים ומעקב אחר הפעילות במערך האמבולטורי של ביה"ח.

מערך הארכיון הרפואי כולל בתוכו את ההיסטוריה הרפואית של מאושפזי ביה"ח, תוך התבססות על ה-9 ICD (הקוד הבינל"א למחלות, מהדורה תשיעית) כמקובל בעולם.

מערכת ניהול מלאי תרופות וחומרים מאפשרת לא רק את ניהול מערך ההזמנות, האיחסון וההנפקות, אלא אף משמשת בסיס למערכת בקרת צריכת אמצעים.

מיחשוב מערך ההדמיה מבצע עבור יחידות ההדמיה את מיחשוב הנתונים המינהליים של המערך (פרטי מבקר, פרטי הבדיקה הנדרשת והאמצעים שנדרשו לביצוע).

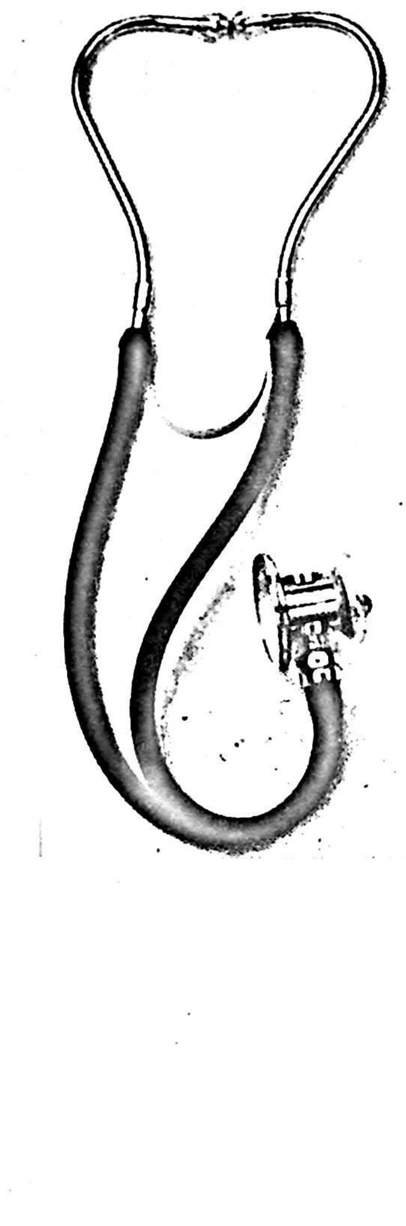
מערכת ניהול האחזקה מיועדת לסייע בניהול אחזקת הציוד הרפואי המתוחכם והיקר הנמצא בשימוש ביה"ח. המערכת, המופעלת ע"י המחלקה להנדסה רפואית, מאפשרת תכנון הטיפולים המונעים, מעקב אחרי עלות התחזוקה לכל אחד מפריטי המיכשור ומסייעת בתכנון עבודה יעיל של כח האדם המקצועי במחלקה.

מערכת כח האדם מאפשרת להנהלת ביה"ח שליטה על מצבת העובדים, בקרה על ניצול תקנים וסיוע בתכנון שיבוץ העובדים בשעות חירום.

מערכת בקרת צריכת האמצעים מקבלת את נתוני אספקת התרופות, החומרים, הציוד הרפואי, צילומי הרנטגן והמיפויים, בדיקות המעבדות ונתוני פעילות המחלקות. בהתבסס על נתונים אלה מבצעת המערכת מעקב אחר צריכת האמצעים במחלקות ביה"ח ומאפשרת להנהלת ביה"ח מעקב ובקרה תקציביים.

הצלחתה של המערכת בתל השומר לא באה בנקל. העלויות שנדרשו להביאה למצבה הנוכחי הן רבות ועד היום פועלת המערכת באמצעות מחשב מרכזי בארכיטקטורת 370, תוך שימוש במערכת הפעלה מיושנת.

מסיבות אלה ואחרות, כאשר ניגש משרד הבריאות בתחילת שנות השמונים למיחשוב שאר בתי החולים הכלליים, הוחלט לצאת למכרז נוסף ולא להסתמך על פרויקט תל השומר (שכאמור תוכנן מלכתחילה כפרויקט-אב למיחשוב בתי חולים הממשלתיים). כתוצאה ממכרז זה הזמין משרד הבריאות בחברת מל"מ מערכות תוכנה לניהול מערכת הקבלה ורישום חולים בכל בתי החולים



הממשלתיים הכלליים ע"ג מחשבי System 38 אשר הוזמנו מחברת יבמ.

במשך כ-5 שנים שחלפו מיום ההזמנה מוכנו מערכות הקבלה בשני בתי חולים ממשלתיים בלבד (ביה"ח ע"ש וולפסון וביה"ח אסף הרופא).

בעוד המצב ברוב בתי החולים הממשלתיים הוקפא עד להתקנת המערכת הנ"ל, נקטו שנים מתוך בתי החולים הממשלתיים ביוזמה, ותוך הסתמכות על מקורות כספיים חוץ-תקציביים ניגשו בתי החולים רמבם ורוטשילד שבחיפה למיחשוב בצורה עצמאית. תוך שימוש במערכת MIIS (Meditech Interprative Information System) ומחשבי IBM S/1 בשלב הראשון (ומחשבי Data General לאחר מכן), מוחשבו במוסדות אלה מערכות מינהל, מערכות לוגיסטיות – פיננסיות ומערכות רפואה מסוימות. בין המערכות הפיננסיות שמוכנו ניתן למנות את הנה"ח, מערכת ציוד מתכלה, תקני רופאים ואחיות, הזמנת יבוא. מערכות המינהל כוללות את מערך הקבלה ורישום החולים, מערכת רנטגן, מיכון חדרי מיון ומערכת לטיפול בשע"ח. בנושא מערכות הרפואה מוחשבו יחידות קליניות כגון מרפאת סיכוני הריון, הפרית מבחנה, מרפאה גסטרואנטרולוגית ועוד. בביה"ח רוטשילד הופעלה, גם זאת כאמור באופן עצמאי לחלוטין, אף מערכת ממוחשבת לתימחור ותיקצוב יחידות המוסד. עיקרון התיקצוב המחלקתי המונח בבסיס המערכת הוא שכל מחלקה מתנהלת כמשק סגור והנהלת המחלקה עצמה היא האחראית להכנסותיה והוצאותיה. כמו במרכז הרפואי ע"ש שיבא, כן אף כאן, מהווה המערכת אינטגרציה של מערכות אחרות ושואבת את הנתונים הנדרשים לפעילותה ממערכות הקבלה, המיון, האפסנאות, הרנטגן, כח האדם וכו'. זהו נסיון מעניין ל"שבור" את אחת מהאנומליות המפורסמות והבסיסיות של מערכת האישפוז הישראלית, שבה יש למוסד יתרון בהיותו בזבזני בימי אישפוז ותמריץ ההתיעלות והחסכון הוא שלילי בעיקרו.

כאן המקום לציין כי חלק מה"אשמה" על מצבה העגום של מערכת המיחשוב הממשלתית טמון בעובדה, כי יחידת האוטומציה של המשרד אינה נהנית מתקני כח אדם ומתקציבים שיאפשרו התמודדות עם משימות מיחשוב ברמה הנדרשת. היחידה כולה מונה 9 אנשים וחייבת להסתמך על חברות חיצוניות לביצוע פעולותיה.

בעוד שבעולם הגדול מקובל כי תקציב מערך המידע מגיע ל-2%–3% מסה"כ התקציב הכולל. הרי במשרד הבריאות לא הגיע תקציב יחידת האוטומציה אפילו ל-1% מסה"כ תקציב המשרד.

לאחרונה, במקביל (או אולי אף כתוצאה) למשברים העוברים על המערכת, חלה התעוררות מרשימה אף בנושא מיחשוב מערכות המידע של גופי הרפואה הגדולים במדינה.

בקופ"ח הכללית בוצעו כאמור בדיקה וסקר שהמליצו על הכנת תכנית-אב למיחשוב מערך המידע של קופ"ח. לצורך קידום נושא המיחשוב במשרד הבריאות מונה "יועץ למיחשוב" לשרת הבריאות והוקמה ועדת היגוי בראשותו. ועדה זו, בסיוע יועצים, הכינה בקשה "למיחשוב מערכות מינהליות במערכת הבריאות הממשלתית". כאן מדובר בפרויקט ענק, שהינו מהגדולים ביותר שבוצעו בארץ בשטח המיחשוב הממשלתי בשנים האחרונות, שבודאי יקדם את מיחשוב משרד הבריאות לרמה המקובלת עתה בעולם המערבי. הבקשה נמסרה למספר חברות אשר הגישו הצעותיהן לנשא ובכוונת המשרד להגיע להחלטה במהלך חודש ספטמבר השנה. בביה"ח הדסה, הוצא מכרז למיחשוב המרכז, תוך שימוש במחולל הישומים Oracle.

כך, שלמרות "שממת המיחשוב הרפואי" הנוכחית, שוררת במערכת הבריאות בארץ התחושה, כי יש "אור בקצה המנהרה" ובין יתר התוצאות של הזעזוע העובר עתה על המערך הרפואי נזכה אף לראות מערכות מידע ברמה שלא תיפול מהרמה הגבוהה של מערכת הרפואה הישראלית.

ממיכון למערכת־על
(עשור למיחשוב ביה"ח "הדסה" בירושלים)

ד"ר יעקב שטייף, סמנכ"ל לתכנון ופיתוח ומנהל המחלקה למדעי המידע ברפואה, ביה"ח "הדסה", ירושלים

ביה"ח הדסה נכנס לעידן המיחשוב המודרני ב־1978, עם תחילת יישומה של תכנית עשור למיחשוב. במאמר זה נסקור את עקרונות התכנית, עיקרי ההצלחות והכשלונות ואת עקרונות התכנית לעשור הבא.

מערכות מידע בבתי חולים

בשנות ה־60 ובשנות ה־70 המוקדמות נעשו מספר נסיונות להקים מערכות מידע הוליסטיות במספר מרכזים רפואיים בעולם. מערכות אלה אמורות היו להקיף את מירב התחומים והבעיות בביה"ח (במינהל, במעבדות, ברשומות רפואיות, במחלקות, בשירות אמבולטורי, ועוד) ולטפל בהן כמכלול. פתרונות המיחשוב כללו טכנולוגיה של מערכות מחשב מרכזיות וגדולות. הצורך לטפל באוסף גדול של בעיות ובקשרים בין מספר גדול של מרכיבים היה הגורם העיקרי לעלות הגבוהה של מערכות מטיפוס זה. גם הסיכון בכל שלבי הפיתוח והיישום היה גבוה: מערכות הוליסטיות הינן שבירות במיוחד.

בתגובה לכשלון הגישה ההוליסטית צמחו בשנות השבעים והשמונים מערכות "נקודתיות". מערכות אלה עוסקות במיחשוב התחום לסביבה קטנה ומוגדרת יחסית, כגון מערכת קבלה ושחרור חולים, מערכת לניהול תרופות, מערכת למעבדה לביוכימיה. כל (תת) מערכת כזו מוגדרת כ"עולם סגור" ומערכת המידע הכוללת אינה אלא אוסף תת המערכות (ז.א. גישה זו מניחה כי "השלם שווה לסכום מרכיביו"). גישה זאת הצליחה במספר גדול של בתי חולים בעולם והיא ממשיכה להיות פופולרית. הפתרונות הטכנולוגיים המשמשים מערכות אלה התאפיינו במחשבים קטנים ובינוניים ("מחלקתיים"), ולעיתים גם בתוכנה יעודית כגון MUMPS. טכנולוגית המחשב האישי האיצה את תהליך החדרת מערכות מטיפוס זה לבתי־חולים. חסרונה העיקרי של גישה זו בולט במיוחד בבית־חולים שם יש הכרח ב"רשומה רפואית" מקיפה.

יש לציין כי שתי הגישות נכשלו בפיתוח מערכות מידע קליניות. על אף שטכנולוגית המיחשוב חודרת בהצלחה למיגוון תחומים בבי"ח (מעבדות קליניות, הדמיה רפואית, ניטור, מיכשור משובץ־מחשב, פיענוח א.ק.ג.), ומשנה ומשפרת את הרפואה (שיטות איבחון וטיפול), מפגרת הטכנולוגיה של מערכות מידע קליניות. לפיגור זה (בארץ ובעולם) יש מספר סיבות: טכנולוגיות (אי התאמה של מכשירי הקלט, למשל); מדעיות (אי קיום תיאוריה של יצוג ידע ונתונים רפואיים); מוסריות (בעית "העברת האחריות" מהרופא למערכת המידע ולמתכנניה, בעית הסודיות).

תכנית העשור (1978–1987): בית החולים האלקטרוני

תכנית העשור הקודם של ביה"ח הדסה צמחה על רקע הגישות הנ"ל. בתכנית זו הציבה "הדסה" לעצמה שני עקרונות מרכזיים:

1. הפצת השימוש במחשב בכל יחידות ביה"ח, והפיכתו לכלי עבודה שגרתי. ז.א. אוטומציה ברמה התפעולית של הארגון שמטרתה יעול עבודת ביה"ח ושיפור כלי העבודה של הפרט (הגישה הנקודתית). דוגמאות ליישומים אלה: תחנות עבודה במעבדות, קופות במרפאות, דלפקי קבלת חולים, מחסנים.
2. הקמת מאגר נתונים רפואיים מרכזי (com-mon data base) או "תיק רפואי" אחד לחולה. ז.א. תפיסת המחשב ככלי לאיחסון נתונים רפואיים והפצתם "במקום־זמן" בו הם נדרשים. דוגמאות ליישומים אלה: ריכוז תוצאות בדיקות מעבדה וסיכומי מחלה והפצתם ביחידות ביה"ח.

מיחשוב המערכות התבסס על סדרה של מיני־מחשבים, מערכת אינטראקטיבית רבת משתמשים, שפת פיתוח הכוללת גישה נוחה לבסיס נתונים, פיתוח הדרגתי וצוותות תכנון ופיתוח פנימיים. על אף הכוונה לקשר את תתי המערכות לרשת אינטגרטיבית – התבססה מתודולוגית פיתוח המערכות על הגישה הנקודתית.

טבלאות א, ב מציגות את תתי המערכות הפועלות בשני ביה"ח של "הדסה" בתחום המינהל ובתחום הרפואה. מספר תחנות הקצה (מסופים) הינו כ־320; מהן כ־120 במינהל, 160 ברפואה (מעבדות ומחלקות), כ־40 בתיפעול ובפיתוח. נוסף לכך מותקנים כ־150 מחשבים אישיים שחלקם משולבים ברשת. הבעיה המרכזית של תכנית העשור הקודם היא פרק הזמן הארוך שנמשך יישומה – והסיבה העיקרית הינה הקושי שבפיתוח וניהול עצמי של יחידת מחשב בארגון ציבורי גדול בצד בעיות טכנולוגיות.

בתחום המיחשוב הקליני נעשה נסיון לפתח תוכנה למיחשוב הרשומה הרפואית. גירסה ראשונה של תוכנה זאת (Clinics), מופעלת מ־1984 במספר מחלקות (ראה טבלה ב). גירסה נוספת (Clirec), נכנסת לניסוי בשנה זו. המטרה העיקרית של נסיון זה היא לפתח מודל של יצוג רשומה רפואית ושילובו במערכת שתסייע לרופא בתהליך הטיפול בחולה (למשל, באיסוף נתונים רלבנטיים, באבחון, במעקב). כאמור, מכשולים רבים עומדים בדרך ליעד זה, חלקם טכנולוגיים ומתודולוגיים־רפואיים וחלקם אתיים.

לסיכום, ההישג העיקרי של תכנית העשור ב"הדסה" הוא בפרישת טכנולוגית המיחשוב במרבית יחידות ביה"ח, בהפיכתה לכלי עבודה יום־יומי במינהל וברפואה ובתרומה של תת־המערכות לשיפור ויעול עבודת ביה"ח. במקום ההתנגדות לטכנולוגיה, רתיעה ואי־שיתוף פעולה, יש ביקוש הולך וגובר למידע ומיחשוב בכל הארגון.

חסרונה העיקרי של תכנית זאת הוא בקושי שבשילוב המערכות ותיפקודן כמערכת כוללת. לדוגמה, יצירת הקשרים בין המערכות <מעבדה–תמחיר–מחלקה> או <רשומה רפואית–בית מרקחת–בסיס ידע רפואי>. עם זאת, מן הראוי לציין כי הדרישה לשילוב התפתחה יחד עם ההצלחה היחסית של התכנית.

בית־חולים כמערכת־על

בית־חולים הוא מערכת־על סוציוטכנולוגית המשלבת סביבה תרבותית וכלכלית, חולים, רופאים, עובדים פרה־רפואיים ואחרים, טכנולוגיות שונות, כללים, חוקים, ערכים ומנהגים. למערכת כזו יש תכונות משלה (emergent properties) שאינן נגזרות מסיכום פשוט של תת המערכות המרכיבות אותה. לדוגמה, מחירי שירותים רפואיים או שכיחויות של מחלה באוכלוסיה ניתנים ע"י "העולם החיצון" או "הסביבה" של המערכת. החלטה על רכישת תרופה מסוימת היא תכונה מורכבת של מערכת העל שנגזרת משילוב (תת־מערכת) מלאי התרופות (רמת מלאי), (תת־מערכת) ידע תרופתי (תחליפים) ו(תת־מערכת) קניינות (ספקים, מחירים). תכונה כזו אינה "שייכת" לאף אחת מתת המערכות.

ביה"ח "הדסה" נמצא בתקופת מעבר מהדור הנוכחי של מערכות מידע לדור הבא. הלקחים העיקריים שהופקו קשורים לתפיסת בית החולים כמערכת־על ולהבנת מערכת המידע כתוצאה מכך. גישה מערכתית כזו שונה מהגישות ההוליסטית והנקודתית־אינדיבידואלית.

מערכת מידע כוללת הפועלת בסביבה כזו מהווה גם היא מערכת סוציוטכנולוגית פתוחה: מערכת חברתית המשלבת בתוכה טכנולוגיה ולא מערכת טכנולוגית! במערכת פתוחה יהיו חלק ממרכיביה א־פורמליים (מרבית תהליכי קבלת החלטות כוללים מרכיבים כאלה) – על מרכיבים אלה להשתלב במערכת המידע. מיחשובה (החלקי

כמובן) של המערכת אינו ניתן לפירוק ליחידות דיסקרטיות (תת־מערכות), אלא תוך הגדרת הקשרים המורכבים שביניהן, קשריהן עם סביבת המערכת ותכונות מערכת העל. הגדרות אלה הן מרכיב עיקרי במתודולוגית הפיתוח של מערכת כזו. מרכיבים אחרים של מערכת המידע הנגזרים מהגישה המערכתית הם סוציולוגיים בעיקרם: בעוד שמערכות המידע של הדור הנוכחי התבססו בעיקר על תקשורת בין אדם למאגר נתונים ממוחשב, תכלול מערכת מידע פתוחה גם תקשורת בין בני־אדם (לא רק דואר אלקטרוני במובן המקובל, אלא תקשורת המשלימה את המרכיב הפורמלי במערכת המידע, הכוללת, לדוגמה, טקסט חופשי, מסמכים מצולמים, תמונות רנטגן); שילוב החולה (כמשתמש) במערכת המידע (מתן גישה לרשומה הרפואית או למאגר מידע תרופתי, למשל, תוך כדי טיפול ובסיומו!) הינו דבר המתבקש מתוך התפיסה המערכתית. מרכיב חשוב נוסף במתודולוגית הפיתוח הוא חלקו של המשתמש. בעוד שבדור האחרון דובר על "שיתוף המשתמש" (user participation), בתפיסה החדשה יימסר תכנון המערכת למשתמש. על מתכנן (מהנדס) המערכות להיות בעל הכשרה בין־דיסציפלינרית (שימו־לב "מנתחי מערכות"!) נוסף להנדסת מערכות, חקר ביצועים וכו'. בתחום המיחשוב הרפואי יועבר תכנון המערכת לצוות הרפואי והסיעודי.

מובן כי לרעיונות חדשים (גם בתחום הטכנולוגיה) עשויים להיות היבטים פילוסופיים, סוציולוגיים ואחרים משמעותיים: חשוב למשל על ההשלכות של שיתוף החולה במערכת המידע, ולו לקבלת מידע תרופתי בלבד. יש הכרח לתכנן מערכות כאלה בגישה בין־תחומית. צוותי חשיבה ותכנון הכוללים רופאים, אחיות, כלכלנים, מינהליים, משפטנים, מומחי טכנולוגיה (מידע, תקשורת, מחשב) ואחרים, יעסקו בפיתוח מערכת חדשה בעשור הבא. למערכת זו יהיו שני מרכיבים: מערכת מינהלית (הכוללת גם מינהל רפואי) ומערכת קלינית. (מרכיבים אחרים כגון מחקר והוראה קיימים גם כן). בשלב ראשון הוקם צוות לתכנון מערכת המידע המינהלית שתחליף את תת המערכות הקיימות. שלב ראשון במתודולוגיה של "ניתוח המערכת" הוא בניית מודל לקבלת החלטות בדרג הניהולי הבכיר – מטרת שלב זה אינה בניית מערכת DSS אלא הגדרת המשתנים הגלובליים, תכונותיהם, מקורותיהם (בתת־מערכות, במערכת העל, בסביבה החיצונית) והקשרים ביניהם והקמת בסיס־ידע (knowledge base) מינהלי. במקביל יילמדו היבטים של מימשקים ותקשורת במטרה להגיע לסטנדרטים "ידידותיים". מתודולוגית הפיתוח של תת המערכות תתבסס על מודל משולב של פעילויות/ישויות (entity-activity modeling) וכלי העבודה של מתכנני המערכת כוללים מערכות ממוחשבות (case system). במרכז מערכת המידע תעמוד תוכנה לניהול בסיס נתונים טבלאי (Oracle) שנבחרה כסטנדרט למערכת הכוללת. בחירה זו תאפשר גם אי־תלות בחומ־

רה. בתחום המיחשוב הקליני הוקם צוות הכולל רופא ואנשי מערכות מידע וידע הערבד על הרחבת המודלים הקיימים כיום במיחשוב הקליני ב"הדסה". נוסף לבעית הייצוג של מידע וידע רפואי קיימת בעיה קשה יותר של הגדרה וקלסיפיקציה של הפעולות הקליניות ושיוכן למבנה הנתונים. יש לזכור כי מדובר בתחום (הרפואה) שהוא עצום בגודלו ובמורכבותו. כאן רב עדיין הסתום על המפורש והפתרונות אינם פשוטים. שיתוף פעולה והחלפת ידע בין צוותי מחקר ופיתוח בארץ ובעולם חיוניים (ביה"ח "הדסה", למשל, מקבל מביה"ח של פיטסבורג לניסוי ופיתוח את מערכת /CADUCEUS QMR, הכוללת בסיס־ידע של רפואה פנימית שבהקמתו הושקעו עשרות שנות־אדם; בסיס־ידע זה ישמש גרעין לפיתוח מערכת לומדה קלינית שתפותח ב"הדסה"). על אף סימני השאלה שמלווים אותנו בתחילת תכנית חדשה, תקוותנו היא כי הדור הבא של מערכות מידע ב"הדסה", גם אם לא ישיג את יעדיו המקוריים, יתרום לשיפור השירות לחולים, להקטנת הביורוקרטיה, ליעול המערכות וליתר בקרה (פנימית וציבורית) של השירותים הניתנים בבית־החולים.

מערכות מיחשוב בביה"ח "הדסה"

א. מיחשוב מינהלי:

משכורת	שכר חודשי, יומי, פנסיונרים, תגמולי מילואים, קרן השתלמות לאקדמאים, כלי עזר להערכת שכר והסכמי עבודה
כח־אדם	עובדים חודשיים, יומיים חופשות ומחלות, ספר תקנים, מאזן תעסוקה, מרכז דיווח, מאגר מידע של תלושי שכר (מדיה אופטית)
אספקה	מחסן כללי, תרופות, כביסה, אספקה סטרילית, בית מרקחת, חלקי חילוף, מזון, דלקים, גזים, חומרים רדיואקטיביים, תקציב גג הזמנות, ילקוט תרופות, מגשי החיאה, מערך ספירות מלאי, טלקס/PC
מינהל וחשבונות חולים	ארכיון רשומות, מינהל וחשבונות אשפוז, מרפאות, מיון ושר"פ, מדור גביה, מרפאת שיניים, מרפאות שטראוס, מינהל חדר ניתוח
משק	ספר טלפונים, שירות דיאטטי, ניהול תו חניה
כספים	הנהלת חשבונות, ספקים, תקציב, מס"ב, התאמות בנקים, מאזן
הנהלה	ניהול משרד, תיוק מסמכים, עיבוד תמלילים, דואר נכנס ויוצא, גנזך ראשי, מעקב אחר החלטות
מיקרו מחשבים	תמיכה שוטפת ב־150 מחשבים אישיים: – עיבוד תמלילי – ניהול מאגרי נתונים מקומיים – תקשורת למאגרי מידע חיצוניים – שימוש במעבדי חישובים (Lotus) – תמיכה בקבלת החלטות – מיחשוב אישי

ב. מיחשוב רפואי:

מעבדות ומכונים	ביוכימיה, מיקרוביולוגיה, אנדוקרינלוגיה, תיאום וסיווג רקמות, המטולוגיה, אודיולוגיה, רפואה גרעינית, פתולוגיה, בדיקות מאמץ/ קרדיולוגיה, צינטורים/קרדיולוגיה, אונקולוגיה, בנק הדם, רנטגן
מחלקות אשפוז	טיפול נמרץ ילדים, כירורגית ילדים, קרדיולוגיה, סיכומי מחלה, RICU, מרכז לטיפול תומך (ה"צ), תחנת להדפסת בדיקות מעבדה מרכז מידע תרופתי (פרמקולוגיה קלינית).
מרפאות	כירורגית כלי דם, גסטרואנטרולוגיה, יל"ד (ה"צ), מטבולית, כאב, טלסמיה, אורולוגיה, נשים, עיניים (איור רפואי), הרדמה, א.א.ג., מרפאה קהילתית (קרית יובל), ליטוטריפטר
מידע וסטטיסטיקה	יעוץ ושימוש בתוכנה סטטיסטית ניתוחים סטטיסטיים כגון: – מחקרי תגובה בתחום כולסטרול – תגובת תרופות אצל אמהות על ילודים הפקת דוחות שוטפים: – דוחות 105 – דוחות כספיים תמיכה בקבלת החלטות (DSS)
רשומות רפואיות	סיכומי מחלה ומכתבי שחרור (הזנה) איחזור מידע של סיכומי מחלה בחדר מיון

המיקרוסקופ הממוחשב הירושלמי

פרופ' גרשם זיצ'ק, ד"ר איל ברטפלד, ביה"ס לרפואה של האוניברסיטה העברית והדסה

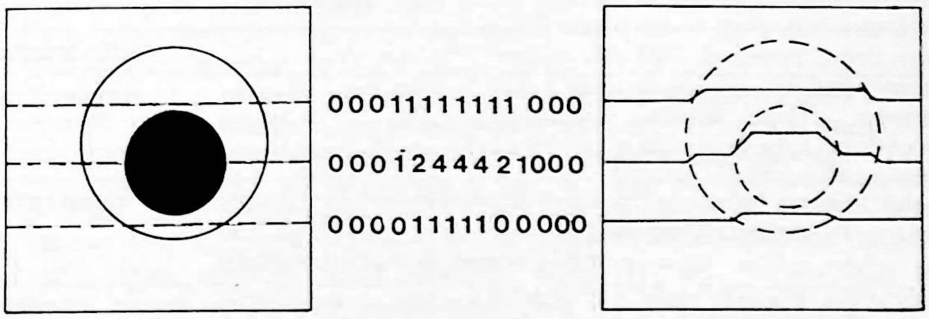
מאז הופעת המחשב הראשון חלמו חוקרים־רופאים לרתום אותו במערך הרפואי. הרעיון שמחשב יאבחן מחלות כאחד הרופאים נראה פשוט, ונדמה היה שדי להזין את רב־הזכרון הזה בכל המידע הרפואי, והוא יבחין בין חולי ובריאות ויפליא בעצתו הרפואית. גם בעידן הבינה המלאכותית, רחוקים אנו ממימוש רעיון זה כרחוק מזרח ממערב. כי זכרון עדיין אינו מבטיח בינה. ומה יקרה אם יתקינו למחשב כזה עין בצורת מצלמת וידאו שאמצעותה יוכל להביט מבעד למיקרוסקופ? האם יהפכו ביצועיו למשמעותיים יותר? לאחרונה הפך מיקרוסקופ האור לכלי אבחנתי חשוב, בעיקר במחלות כרוניות. מקובל שבמחלות המתמשכות לאורך זמן, דוקרים את האבר החולה באמצעות מחט עדינה, מוציאים ממנה פירור רקמה ובוחנים אותו במיקרוסקופ. שיטה זו היא בדרך כלל אמינה וחד־משמעית. נשאלה איפוא השאלה האם יוכל המחשב לתרום לפעילות אבחנתית זו בצורה מהותית?

סיפרור

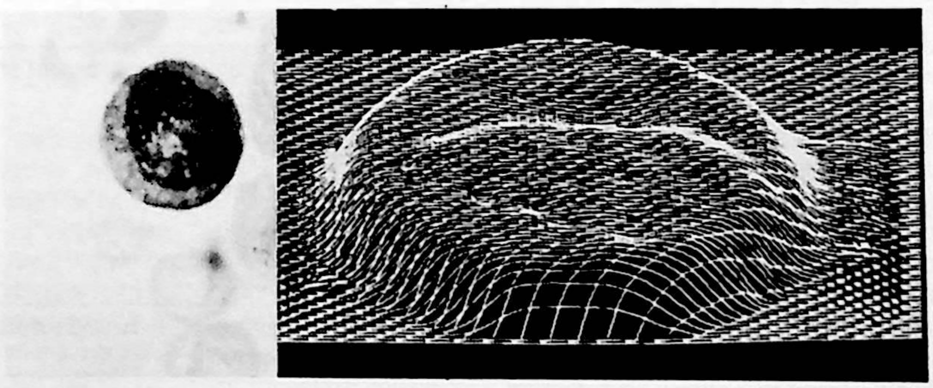
המחקרים בתחום זה החלו באמצע שנות השישים, ובוצעו תחילה על המחשבים הגדולים. תמונות בשחור לבן של אברים שונים נסרקו על ידי מצלמת וידאו בפיקוח מחשב. בעת הסריקה דוגמת מצלמת הוידאו את עוצמת האור בכל אתר ואתר של התמונה. גודל יחידת דגימה שכזו, המכונה PIXEL (picture element), הוא כ־50 מיקרומטר רבוע. בתהליך המכונה סיפרור, מתרגמת המצלמה את עוצמת האור שנמדדה למספר הנע בין 0 ל־255. אתר לבן מיוצג על ידי אפס, אתר שחור על ידי 255, ויתר גווני האפור מיוצגים על ידי מספרי הביניים. בדרך כזו מתורגמת התמונה למערך בן 255×255 מספרים. תהליך זה מתואר בתמונה מס' 1. בריבוע השמאלי מודגם תא כפי שהוא נראה דרך המיקרוסקופ. הגרעין שחור וגוף התא אפור, הרקע הכללי לבן. המצלמה סרקה את התא לאורך שלוש שורות בלבד, מדדה את עוצמת האור לאורך השורה ותרגמה אותה למספר. תחילה נדגם הרקע הלבן והוא מיוצג על ידי שלושה אתרים בעלי ערך '0'. גוף התא הוא כהה יותר ומיוצג כאן על ידי '1'. אחרי כן חוזרת המצלמה ודוגמת את הרקע הלבן אשר מיוצג כאן על ידי שלושה אפסים. השורה השניה חוצה את גרעין התא וערכי הצבע אשר נמדדים שם מתורגמים לספרות '4' וכו'. בשלב זה מיוצגת התמונה בזכרון המחשב על ידי מערך מספרים המספיק לשיחזור התמונה המקורית על כל גוניה. אך ניתן להציגה גם בדרך אחרת המובאת בצד הימני של תמונה מס' 1, בה מיוצגים המספרים על ידי עקום המתמשך לאורך השורה שנדגמה, וגובהו מתיחס לגודל המספר שבאתר התמונה. בדרך זו ניתן להציג את התא כתבליט תלת־מימדי. התא עצמו משתרע לאורך צירי X ו־Y, בעוד שציר ה־Z מייצג את גוני האפור שלו. במציאות התבליט מרשים יותר, כמו בתא אשר נדגם על ידי מצלמה דרך המיקרוסקופ (תמונה 2). בצד השמאלי מובא התא עצמו, ובצד ימין הוא מיוצג כתבליט אשר גובהו מתיחס ישירות לגוני האפור של התא המקורי.

המיקרוסקופ הממוחשב של שנות השבעים

כאמור, בשנות השישים בוצעו רוב המחקרים על מחשבים גדולים בשיטת המיכלול (batch) וההתקדמות היתה איטית למדי, עד הופעת מחשבים קטנים מסוג PDP-8 ו־PDP-15, אשר סללו את הדרך לעיבוד נתונים בזמן אמיתי. מחשב הפקולטה לרפואה של הימים ההם כלל 64KB זכרון ותקליט בן 1MB. מאחר ותמונה בת 255×255 מספרים דורשת כ־65KB שטח אחסון, לא ניתן היה כלל לעבד מערכים ענקיים כאלה בזמן אמיתי. מה עוד שחלק מהזכרון נועד לאחסון תוכנת המערכת. מסיבה זו הסתפקנו בדרך כלל בדגימת מערכים קטנים בהרבה. אילוצים אלו הולידו מצלמה מהפכנית כשלעצמה, המכונה image dissector, בה ניתן לכוון את מהלכה של הקרן הדוגמת באמצעות



1. סיפרור של תא. התא המצויר בצד השמאלי, נסרק על ידי המצלמה לאורך שלוש שורות (קוים מקוקוים). עוצמת האור בכל אתר ואתר מתורגמת למספר (במרכז התמונה). המספרים מתורגמים לעקומות, אשר גובהן מתייחס לגודל המספר (צד ימין).

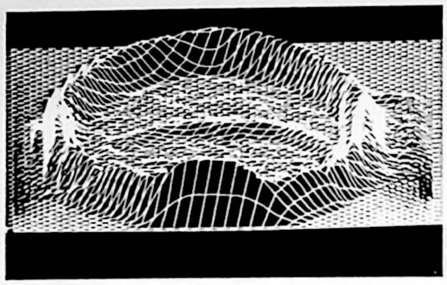


2. תא מסופרר. תא בעל גרעין כהה וגוף תא בהיר (מצד שמאל), סופרר למערך מספרים המיוצגים כתבליט (צד ימין).

תוכנה. התכנית העבירה למצלמה את הקואורדינטות של הנקודה אותה יש לדגום, והמצלמה החזירה את גון האפור המסופרר של אתר זה. זמן הדגימה הממוצע של נקודה בודדת כזו, כולל זמן הגישה לאתר, היה כ־50 מיקרושניה. בדרך זו ניתן היה לספרר תמונה למערך של 1024×1024 מספרים, למרות שהתהליך היה איטי ולא מעשי מאחר ולא ניתן היה לאחסנה. אנו העדפנו להתיחס אל התמונה שבמצלמה כזכרון משני ולטפל במרכיבים השונים בזמן אמיתי. במקום לספרר את התמונה כולה חילצנו רק את התאים אשר אוחסנו על התקליט לשם עיבוד נוסף. התא שבתמונות 2 ו־3 עובד על המערכת ההיא.

ההתפתחות של שנות השמונים

ההתפתחות הטכנולוגית העמידה לרשותנו את ה־VAX-11/780 וה־MICROPDP-11. תחילה נדגמה התמונה באמצעות מאחסן תמונה (frame grabber) אשר נשלט על ידי ה־MICROPDP-11. מאחסן התמונה היה קשור ל־Q-BUS (תמונה מס׳ 4). התכניות לטיפול בתמונות נכתבו בפורטרן תחת המערכת RT-11. בשלב הראשון הועברו התמונות בקו סריאלי לווקס, לטיפול נוסף בתכניות יעילות הרבה יותר, אשר נכתבו בשפת C. מאוחר יותר רכשנו ממשק בין שני המחשבים (bus interface) אשר באמצעותו ניתן היה לחבר את המערכת ישירות ל־Unibus של הווקס. טכנולוגיה זו דחקה את מקומה של המצלמה הקודמת ה־Image Dissector, אשר למרות תיחכומה היתה איטית ויקרה ולכן לא יוצרה יותר.



3. הערך המוחלט של נגזרת דו־מימדית של התבליט המופיע בתמונה מס׳ 2.

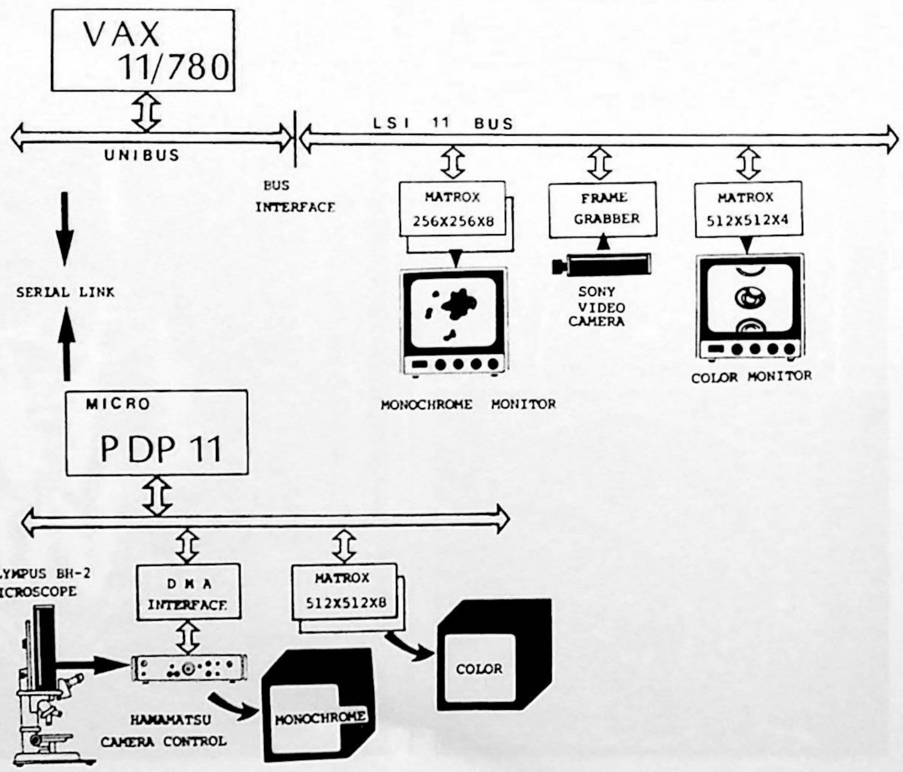
נדרשו כשנתיים לפיתוח התוכנה שבאמצעותה ניתן היה לחלץ את התאים שנדגמו. המצלמה סורקת במיקרוסקופ שדה שלם ובו תאים רבים. על מנת לחלץ את התא יש תחילה למצוא את גבולו. בתמונה מס׳ 2 מיוצג התא על ידי תבליט, מעין הר שטוח. תא כהה ייוצג על ידי הר גבוה, ותא בהיר, על ידי גבעה. שיפולי ההר מיצגים את גבול התא. למעשה מצוי הגבול באיזור התלול ביותר של ההר, כי שם השינוי בצבע הוא הגדול ביותר. על מנת למצוא את האתרים התלולים ביותר יש לחשב את הערך המוחלט של נגזרת ההר. ככל שההר יהיה תלול יותר כן תגבה הנגזרת שלו. תמונה מס׳ 3 מדגימה נגזרת דו־מימדית של ההר שבתמונה מס׳ 2.

המכתש הפנימי מייצג את האתרים השטוחים של התבליט, והטבעת המוגבהת, את האיזור התלול ביותר, או גבול התא. עתה קוראת התכנית את הקואורדינטות של הטבעת הזו, ודוגמת בשדה של המיקרוסקופ רק את הנקודות שמצויות בתוך הטבעת. לאחר מכן מחשבת היא את שטח התא, את היקפו ואת התכונות האופטיות של מרכיביו. נניח שמעוניינים למדוד את תכולת החומצה הגרעינית שבתא, צובעים את הגרעין בצבע מיוחד אשר נקשר לחומצה הגרעינית. עוצמת הצבע מתיחסת לכמות החומצה. אתרים עשירים בחומצה הגרעינית יקלטו יותר צבע ויהיו כהים יותר, והתבליט שלהם גבוה יותר. כדי לחשב את כמות החומצה הגרעינית בתוך התא, די אם נמדוד את נפח ההר.

המחשב הזעיר כובש את המיקרוסקופ בסערה

אך ההתפתחות המדהימה של הטכנולוגיה הביאה בתוכה מוצרים אשר האפילו על העמל הרב שהושקע במערכת הזו. את מקומה תפס מחשב זעיר מסוג תואם IBM-PC/AT ובו מאחסן תמונה מסוג PCvision Frame Grabber אשר כולל חבילת תוכנה לטיפול בתמונות, מתוחכמת בהרבה מזו שפותחה על ידנו. הכרטיס דוגם תמונות בגודל של 512×512 ומעבדו תוך שניות. ומעל לכל ניתן להוסיף לחבילה זו תכניות הכתובות ב־Microsoft-C, כי כל נושא עיבוד התמונות בכלל והמיקרוסקופיה הממוחשבת בפרט משתנים מיום ליום. מסיבה זו לא ניתן כיום לפתח חבילת תוכנה מושלמת, ומקובל להתבסס על גרעין של תוכנת בסיסיות שנועדו לטיפול בתמונה ולהצגתה, ולהוסיף תכניות משנה פשוטות אך חזקות.

4. תרשים מערכת המיקרוסקופ הממוחשב הירושלמי.



5. "מנוחה בים המלח" תמונה זו סופררה וטופלה על ידי מערכת מסננים. תוצאות עיבודים אלה מובאות בתמונות 6–9.





ניתן למעשה לטפל בתמונה בדרך מתמטית כדרך שמטפל הצלם בתצלום. להגדילה או להקטינה, להגביר את הקונטרסט או לטשטש פרטים, לשפרה ולפשטה. כל פעולה כזו מכונה בשם מסנן. כאשר מפעילים מסנן כזה על התמונה היא משנה את תכונותיה בהתאם. התכנית לחישוב הנגזרת של תבליט התא (תמונה מס' 3), מכונה בשם מסנן ע"ש סובל, והיא מרכיב בסיסי של תוכנה לעיבוד התמונה. מספר מסננים כאלה מרקיע שחקים. ככל שהמחשב חזק יותר כן נועזים המסננים ומתוחכמים יותר. סדרת התמונות הבאה נועדה להדגים מה ניתן להשיג באמצעות מסננים כאלה. תמונת "מנוחה בים המלח" (תמונה מס' 5), סופררה לתוך המחשב וטופלה על ידי מסננים שונים. תחילה היא מוגשת כתבליט (תמונה מס' 6) ולאחר מכן בהפשטה הולכת וגוברת (תמונות 7–9).

אך גם מחשב IBM-PC/AT עומד לפנות את מקומו למחשבים חזקים יותר. באוניברסיטה דלת האמצעים, נאלץ החוקר לחפש פתרונות זולים ואלה אינם חסרים. המחשבים מן הדור הבא מבוססים על שני מעבדים חזקים Intel-80386 ו־Motorola 68020. עם מאחסני תמונה לקליטת תמונות בגודל 1024×1024.

מיקרוסקופים ממוחשבים בשירות הרפואה

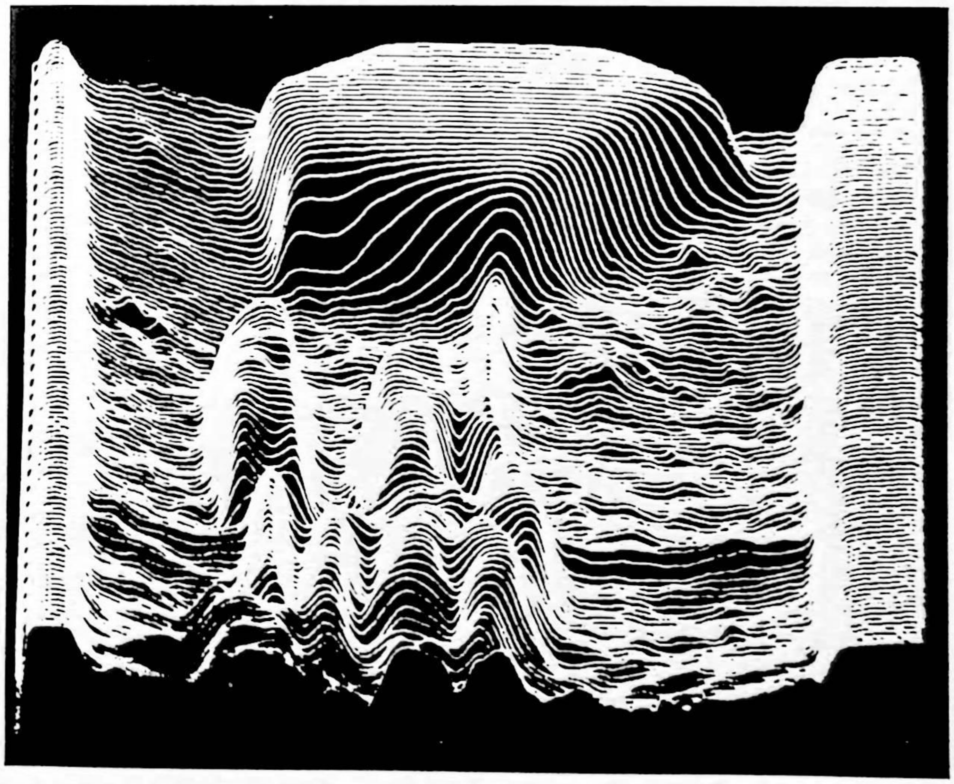
בשוק מצויים כ־30 מיני מיקרוסקופים ממוחשבים, רובם מתבססים על מחשבים אישיים מסוג IBM-PC/AT או דומיהם. להלן מספר משימות שמבוצעות על ידי מערכות כאלה:

- סריקת תאים ממאירים לזיהוי סרטן צואר הרחם

סרטן זה נפוץ בעיקר בארה"ב ומאובחן על ידי הדגמה מיקרוסקופית של תאים ממאירים אשר מתקבלים בעת בדיקה גניקולוגית שגרתית. משטחים את התאים על זכוכית נושא, צובעים בצבעים מתאימים וסוקרים אותם מבעד למיקרוסקופ. במקומות שונים מוזמנות הנשים לבדיקות חוזרות, והמשטחים נסרקים באופן אוטומטי על ידי מיקרוסקופ ממוחשב. התוכנה מסוגלת להבחין בין משטחים תקינים ופתולוגיים אך אינה יכולה לאבחן חד־משמעית את הנגע. למרות מגבלה זו היא מביאה תועלת רבה. מאחר ורוב המשטחים הם תקינים, היא בוררת רק את המשטחים הפתולוגיים ומזעיקה את המומחה לחזות בהם. בדרך זו משתחרר הפתולוג מסריקת משטחים נורמליים ויכול להתרכז רק בחולי.

- סריקה אוטומטית של שינויים בכרומוזומים

מחלות רבות ניתן לאבחן לפי צורת הכרומוזומים ומספרם. יש מחלות בהן חסר כרומוזום מסוים ואחרות שבהן כרומוזומים



6. "מנוחה בים המלח" בצורת תבליט.

7. "מנוחה בים המלח": "ביום קיץ יום חום".

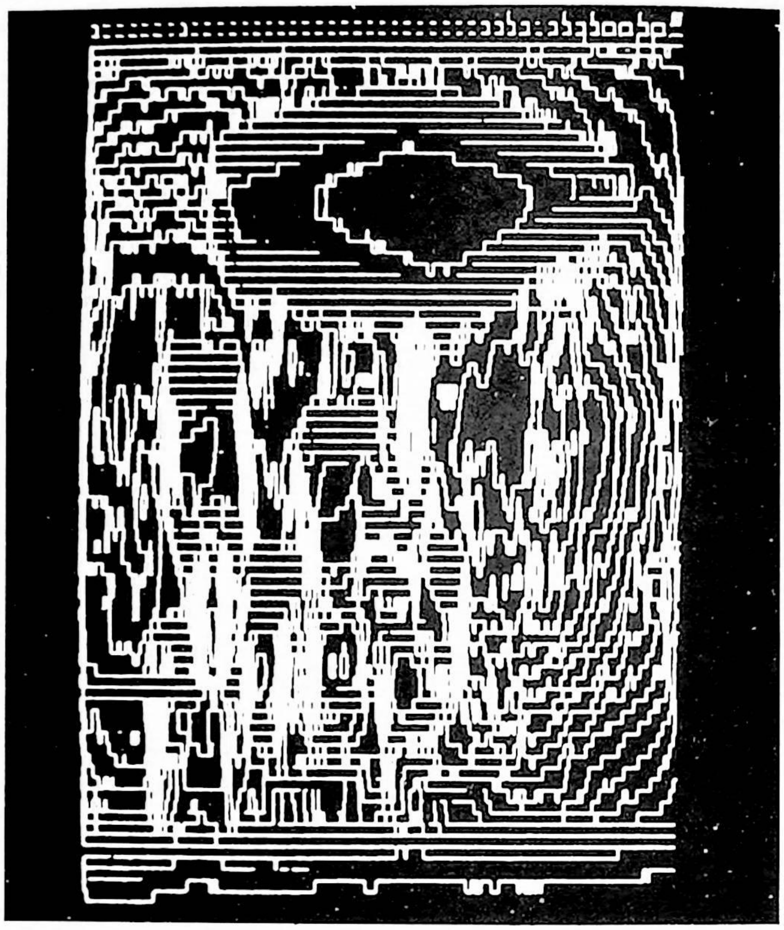


מסויימים מוכפלים. באמצעות צבעים ניתן להדגים בכרומוזום פסים כהים ובהירים אשר מצביעים על תכונות תורשתיות שונות של הנבדק. הטיפול בכרומוזומים הוא ארוך ומייגע. תחילה יש לחפש במיקרוסקופ תאים שמתחלקים, המצטיינים בכך שכרומוזומיהם מוגדרים היטב. לאחר מכן מצלמים את השדה במצלמה רגילה. גוזרים מן התמונה את הכרומוזומים השונים וממיינים אותם לפי גודלם וצורתם. רק אז ניתן לקבוע מי מהם חסר ומי עודף. סריקת הפיספוס של הכרומוזום מייגעת עוד יותר. כל זאת ניתן היום להטיל על המיקרוסקופ הממוחשב אשר סורק את המשטח ומחפש את התאים בחלוקה, דוגם את הכרומוזומים, ממיין אותם ומגיש את התוצרת לרופא הגנטיקאי לסקירה. תוכנה מתוחכמת סוקרת את הפיספוס ומודדת את המרחקים בין פס אחד למשנו.

– המיקרוסקופ הקונפוקלי
התאים במיקרוסקופ זה מוארים ונסרקים על ידי קרני לייזר. עובי המשטח הנסרק הוא כ־4 מיקרומטר. במערכת כזו ניתן למקד את קרני הלייזר בעומק שונה של המשטח. בעת סריקה כזו לעומק, קולט המחשב רק את התמונה שבמוקד ומתעלם מיתר השכבות. בדרך זו ניתן לחתוך גרעין של תא בצורה אלקטרונית לחמישים חתכים ולאחסנם בתקליט. מאוחר יותר ניתן לשחזר מחתכים אלה גרעין תלת־מימדי ולראות את היחסים המרחביים של מרכיביו. כך ניתן לקבוע איזה כרומוזומים בגרעין הם שכנים ואלו מרוחקים זה מזה.

המיקרוסקופ הממוחשב כתחנת עבודה של הרופא הפתולוג

כל אלה מדגימים שהמיקרוסקופ הממוחשב של היום נועד למלא משימה אחת עיקרית או מספר משימות מצומצם. ההתפתחויות הטכנולוגיות האחרונות פותחות את הדרך לפיתוח תחנת עבודה שתתבסס על המיקרוסקופ הממוחשב אשר תלווה את הפתולוג בעבודתו היום יומית. בתחנה זו יתבוננו הפתולוג והמחשב במשטח בו־זמנית וישלימו זה את זה, הפתולוג בכושר אבחנתו, והמחשב בכימות הממצאים. תחנה כזו תתחבר לרשת אשר תאפשר העברת תמונות בו־זמנית לפתולוגים שונים לשם התייעצות. מערכת כזו משרתת את הפתולוגים של ביה"ס לרפואה ע"ש ג'והנס הופקינס בבולטימור שבארה"ב. הפתולוגים יושבים בחדרים שונים, בוחנים את התמונה ומשוחחים ביניהם. ניתן לאחסן את התמונות על תקליט אופטי. יש תקליטים לא יקרים המאחסנים כ־50,000 תמונות, אותן ניתן לארגן כמסד נתונים ולשלוף תמונות לפי נושאים, אבחנות או מחלות. תחנות כאלה תופענה תחילה במעבדות הניסויות ורק לאחר זמן תמצאנה את מקומן בשוק. מסיבה זו אנו נערכים לעדכן את המיקרוסקופ הממוחשב הירושלמי בהתאם.



8. "מנוחה בים המלח": "חמסין".



9. "מנוחה בים המלח": "עימות בין־גושי".

נוסטלגיה של תוכניתן

יצחק עמיהוד, יבמ ישראל



בתחילה במחשב לא היתה
אלא סתם מקלדת פשוטה
להזנת התוכנה והנתונים
וגם להפקה של הפלטים.

נורות רדיו גדולות מימדים
ובעקבותיהם טרנזיסטורים קטנים
שימשו לדימוי של "מוח" יקר
אשר התכוון לעשות דבר משופר.

אחר־כך נוספו לחומרה
מדפסת שורות מהירה
קוראת ומנקבת כרטיסים
ואפשרות לעבוד בסרטים.

באותה עת החבילה כללה
את החומרה בכל הדרה,
אך לא היתה תוכנה להשלימה
והכל היה נחלת ההמצאה.

אנו נמצאים בתחילת האירועים,
בזמן של מחשבים ראשונים,
אשר קיבלנו ללא כל תוכנה
ורק עם פורטרן ואסמבלר כשפה.

בתקופה יותר מאוחרת
את קובול קיבלנו לתפארת,
כשפה ראשונה ראויה
לפיתוח יישומים בתפוקה רבה.

המתכנת הזריז אז היה
כותב בעצמו כל פקודה,
ודואג לבד לכל מצב תקלה
כדי להמשיך ולסיים את העבודה.

לא היתה לו מערכת הפעלה
וגם לא תכנית שירות הגונה,
שבעזרתה יוכל לבצע
כל מה שעתה כל PC יודע.

כך עמלו וטרחו ימים רבים
טובי המוחות ומומחי מחשבים
בכתיבה עצמית של כל השירותים
שהיום בחבילות סטנדרטיות כלולים.

אחד מן הבולטים בחסרים
היתה תכנית למיון נתונים,
שאחר־כך גם נכתבה בתקליטים
על־ידי תוכניתנים זריזים.

אחד מאותם תוכניתנים מוכשרים
פיתח פטנט לחברים ועמיתים,
שבעזרתו ניתן היה לבצע
multiprogramming "משגע".

שיא השיאים של ההמצאה אז היה
כאשר נוסף לעבודה הרגילה,
ברקע פעלה ברציפות ובהתמדה
קוראת כרטיסים או מדפסת מהירה.

ברבות הימים שופרו התנאים
כאשר קיבלנו מהספקים
מערכת הפעלה חדשה,
אשר גם תקשורת לשלב ידעה.

ושוב, בכלים בסיסיים ופשוטים
דחפנו וקלטנו מסרים שונים,
תכננו וכתבנו כל פקודה
כדי לבצע משימה מורכבת או פשוטה.

כך חלפו ימים ויותר
ועל בעיות חדשות רצינו להתגבר,
תוכנה חדשה בעצמנו כתבנו
כי בסיס נתונים לפתח ידענו.

אפשר להמשיך ולספר
למלא דף ודף ואולי ספר,
למנות תלאות של ראשוניות
כאשר כל תיכנות היה חדשנות.

קל יהיה להסביר מה היה
אם את ה־PC ניקח לדוגמה,
את עושר השירותים של מערכת התוכנה
ואת אוסף תכניות הלוויין שסביבה.

תחילה כל זה לא היה במחשבים
אשר הותקנו בארגונים ומפעלים.
על כל אלה שקדו תוכניתנים,
אשר פתרו בעיות ופיתחו יישומים.

כך אנו חולפים על שנות השישים
עם יישומים רבים ומקיפים,
שתחת מערכת הפעלה פועלים
וממנה שירותים רבים מקבלים.

יש כבר מערכות הפעלה משופרות
שלהפעיל מספר תכניות יכולות,
תקשורת מקיפה הן מבצעות
ועם מאגרי נתונים לעבוד יודעות.

שוב ימים ושנים נוקפים
ואנו עתה יותר מבינים
איך לנתח, לפתח ולהקים
מערכות מורכבות לעיבוד נתונים.

כדי להתקין תקשורת מקיפה
יש לנו כעת מוניטור תוכנה,
אשר שירותים רבים נותן
ומאפשר לנו לפתח ולהתקדם.

מאגרי נתונים כבר נפוצים
ואותנו יפה הם משרתים,
כי עתה אנו גם מבינים
איך בהם ביעילות משתמשים.

כיום לא מתחילים מן ההתחלה,
אלא מנקודה רחוקה וגבוהה,
אשר בעינינו הראשונים
היתה אי־שם בעננים.

בתקופתנו התמודדנו בקשיים
קטנים וגדולים, אך רבים,
כדי לפתור לבד בעיות
שגם את הכל היו מטרידות.

הרבה ניתן עתה לשימוש
ללא תלאות, אכזבות ויאוש
בניסיון לפתור קושיות
הנראות היום כל־כך פשוטות.

להסטוריה שסיפרנו יש ערך רב,
כי היא מאירה דרכנו כמו כוכב,
אשר אורו כבה זה מכבר
אך ללמוד אותו זמן עוד נותר.

מזו הנקודה מן הראוי להמריא
ולמצות את הטוב שההווה מביא,
להמשיך בעשייה עם מה שמצוי,
ואשר עוד מעט כבר לא יהיה רצוי.

כך בעט, במקלדת ובכושר ניתוח
את חלקנו הצנוע נתרום לפיתוח
של מדינתנו החוגגת
מלאות ארבעים ימי הולדת.

לכבוד
מזכירות איל"א
ת.ד. 13009
ירושלים 91130

טופס בקשה להצטרף לאיל"א
ו/או איגוד מתמחה באיל"א

- ☐ ברצוני להתקבל כחבר אישי באיל"א (ראה הערה בסוף הטופס).
- ☐ ברצוני להתקבל כחבר אישי באיגוד מתמחה באיל"א כדלקמן:
  - ☐ מו"ח – מחשבים וחינוך.
  - ☐ איב"מ – איגוד ישראלי לבינה מלאכותית.
  - ☐ אמיX – משתמשי UNIX בישראל.
  - ☐ גרפיקה ועיבוד תמונות.

רצ"ב דמי חבר בסך ____________ ש"ח לשנת 1988.

דמי החבר ישולמו לפי הטבלה הבאה:
חברות באיל"א בלבד: 22 ש"ח
חברות באיגוד מתמחה בלבד: 22 ש"ח
חברות משולבת באיל"א ובאיגוד מתמחה אחד: 33 ש"ח
תוספת לכל איגוד מתמחה נוסף: 22 ש"ח

חברות באיל"א או באיגוד מתמחה של איל"א מקנה אפשרות להשתתף בקבוצות העבודה והדיון הבאות (נא לציין את בחירתך):

- ☐ הנדסת תוכנה
- ☐ היבטים משפטיים בענ"א
- ☐ אבטחת איכות
- ☐ תקשורת נתונים
- ☐ ניהול פרוייקטים
- ☐ בטיחות מערכות מידע
- ☐ שפת ADA
- ☐ יישומי המשרד הממוחשב
- ☐ CIM – מערכת ייצור אינטגרטיבית בעזרת מחשב
- ☐ המחשב בשיקום

פרטים אישיים:

שם המשפחה____________ שם פרטי____________ מס' ת"ז____________

מקום עבודה____________ כתובת____________ מיקוד____________

תפקיד/תואר____________ מחלקה____________ טלפון____________

כתובת פרטית____________ טלפון____________ מיקוד____________

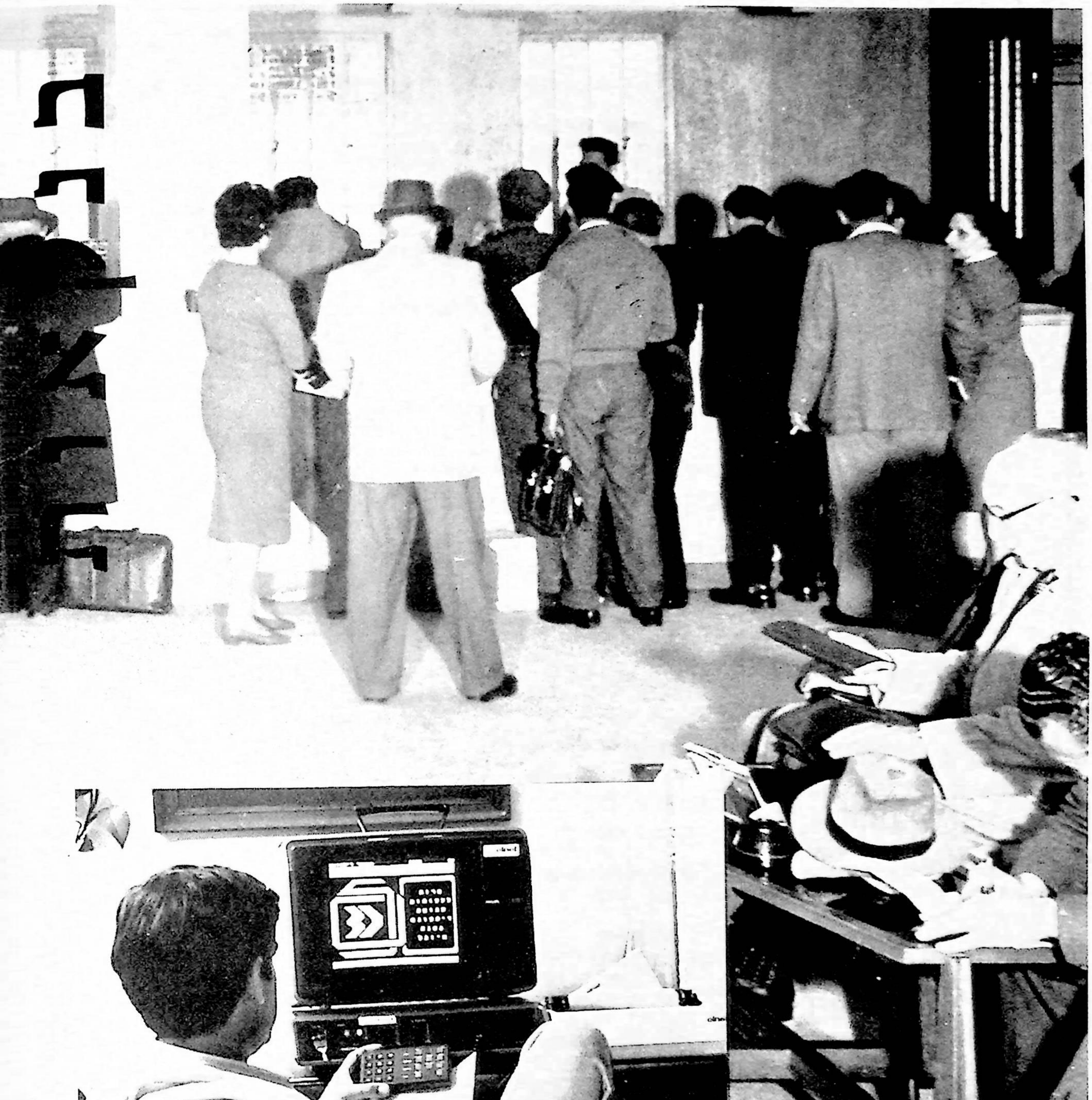
נא סמן ב-x לאן לשלוח חומר)
הערה: בהתאם לתקנון איל"א, בקשה לחברות אישית באיל"א צריכה להיות נתמכת בהמלצת שני חברי איל"א.

נא לציין את שמות הממליצים:

1. שם____________ כתובת____________

2. שם____________ כתובת____________

חתימה____________ תאריך____________



התפתחות עיבוד הנתונים בבנקאות

ד"ר מנחם גוטרמן, מנהל אגף המחשבים, בנק דיסקונט לישראל בע"מ

פתח דבר

מערכת הבנקאות בישראל בשנת 1988 ממצה את האפשרויות הגלומות בטכנולוגית המיחשוב על ידי מערכות עיבוד תנועות TPS (Transaction Processing Systems), מערכות מידע ניהולי IMS (-Information Management Systems), מערכות החלטה מובנות SDS (-Structured Decision Systems) ומערכות תומכות החלטה DDS Decision Support Systems).

המערכות משתמשות באמצעי החומרה המגוונים ביותר שהטכנולוגיה יצרה, החל ממחשבי ענק, בעלי נפח אגירה אדיר של נתונים ויכולת עיבוד באצווה ומכלול, דרך רכזות תקשורת, מיני מחשבים, מסופי קצה יעודיים, ציוד לקריאת מסמכים, ציוד מיגנוט, ציוד מיון מסמכים, וכלה בציוד להפעלה עצמית לצורך התחברות למאגרי הנתונים תוך שימוש בהצפנה והנפקת כסף.

המערכות משתמשות באמצעי תוכנה מכל הסוגים, כגון תוכנה לניהול מסדי נתונים תוך שימוש באמצעי איחזור והתאוששות, שפות תוכנה עיליות ובסיסיות, שפות שאילתות, מחוללי יישומים למיניהם ותכניות אפליקציה רבות.

נתוני המערכת חלקם מעובד מקומית וחלקם האחר מעובד למערכות עיבוד מרכזיות. העברת הנתונים נעשית באמצעות קווי תקשורת יעודיים, קווי נל"ן וקווי טלפון רגילים. קוי התקשורת מקשרים את סניפי הבנקים בינם לבין מוקדי העיבוד, מקשרים את הבנקים בינם לבין עצמם ובינם לבין בנקים ברחבי העולם (על-ידי רשת התקשורת הבינבנקאית – SWIFT).

מערכת האינפורמציה הבנקאית, באמצעות טכנולוגית המיחשוב, הפכה לבסיס ולמנוף הפעילות העסקית של הבנקאות. היא משמשת כלי ליצירת הכנסות, היא משמשת מכשיר שיווקי ואמצעי תחרותי.

נתונים מאפיינים

מערכת עיבוד הנתונים משתמשת במחשבים החדישים ביותר לצורך עיבודי תקשורת ואצווה. מחוברים בתקשורת כ־15,000 מסופים המותקנים בלמעלה מ־1,000 סניפים והעתנים למפעיליהם שירותי תקשורת בזמן אמיתי, ברמת זמינות המתקרבת ל־100%. כמיליון שקים מועברים במסלקה כל לילה וכ־100 תנועות נעות ברשת התקשורת הבנקאית בכל שניה. ערך ציוד עיבוד הנתונים על מרכיביו השונים מגיע לכ־200 מיליון דולר ומועסקים במערכת כ־800 אנשי תוכנה וכ־300 אנשי הפעלה.

ותיקי מיחשוב מערכות עיבוד הנתונים בבנקאות מספרים

ביום ד', 6 ביולי 1988, התכנסה קבוצה של ותיקי המיחשוב של מערכות עיבוד הנתונים בבנקאות כדי להעלות נשכחות, להציג עמדות ולהחליף דעות. ואלה המתכנסים והשתייכותם בעבר:

שמואל טולצ'ינסקי מבנק לאומי,
משה מלמד מבנק הפועלים ולאחר מכן בנק המזרחי המאוחד,
שלמה רון מבנק הפועלים,
יהושע אטון, בצלאל תדהר ויהורם בן־שחר מבנק דיסקונט,
ז'ק וינט מהבנק הבינלאומי הראשון.



וגם פחות ותיקים היו בין המתכנסים:
עזרא בן־כוכב מבנק המזרחי המאוחד,
משה נדיר מבנק לאומי.

בפגישה זו הוזכרו ציוני דרך אחדים בהתפתחותו של עיבוד הנתונים בבנקאות:

1936: מכונות ראשונות להתחלת חשבונות מותקנת בבנק אנגלו־פלשתינה בתל אביב.

1954: מכונות המיון הראשונות הוכנסו לשימוש במסלקות הבנקים.

1960: ציוד אלקטרו־מיכני, שפעל עם כרטיסי הנה"ח חזותיים הכוללים ערוץ מגנטי, הותקן במחלקות הנה"ח ועו"ש.

תחילת ה־60: ציוד לניקוב סרטי ניר לקליטת אינפורמציה נומרית. אינפורמציה נומרית של המסמכים סוכמה במכונת סיכום, שתוך כדי כך יצרו סרטי ניר מנוקבים שנקלטו על ידי מכונות הנה"ח מתקדמות. פלט המכונות שימש את מחלקות ניירות ערך, דוחות לאוצר וריכוז עיבוד המידע לבנקים.

קצב המכונות איפשר למומחים לעקוב בקפידה ובריכוז רב אחר ההדפסה, שורה אחר שורה, של המכונה וכך בעת גילוי שגיאות (כבר אז היו...) עצרו את המכונה, תיקנו את השגיאה והמשיכו בהפעלה.

1962–1963: בבנקים מתמנים צוותים ראשונים לבחינת אפשרות קליטת מחשבים ראשונים בבנקים, להחליף עבודה רוטינית.

1964: מחשבים ראשונים נקלטים בבנקים (גודל זכרון מירבי 16KB).

1967–1968: פיתוח מקורי ישראלי – אלביט 100.

הרעיון, אשר יושם על ידי חברת אל־ביט, היה לקשור יחדיו מכשירי רישום (כדוגמת מכונת סיכום) בעלי לוחות מקשים אלפא נומריים למעבד בעל כונן פרטים מגנטי לצורך איסוף האינפורמציה, תוך כדי אימות ובדיקות.

הסרט המגנטי החליף את סרטי הניר ושימש בירור אביזר הקלט למחשבי עיבוד הנתונים.

במרוצת שנות ה־70: הבנקים מחליפים ציוד עיבוד מרכזי ועוברים למחשבים מתקדמים של אותה תקופה.

סוף שנות ה־70: הבנקים מתחילים בתהליך בחינת הכדאיות של המעבר למערכות מקוונות.

תחילת שנות ה־80 עד שנת 1986: כל מערכת הבנקאות, על כל סניפיה, עוברת למערכות מקוונות הפועלות בזמן אמיתי.

מה הלאה?

בנקאי ותיק הזכיר בערגה את התקופה שבה הצטיירה בעיניו מערכת הבנקאות כביזנס, כעסק, והלקוח כאוביקט לעסקים, לעומת התקופה הנוכחית שבה הבנקאות מצטיירת כשירות אותו יש לתת במהירות וביעילות.

ובכן, הבנקאות נמצאת בתהליך מתמשך שבו היא רותמת את הטכנולוגיה המתפתחת בשילוב הדמיון והתעוזה לצרכיה.



אמצע שנות ה־60: פקידי בנק מוסבים באמצעות קורסים פנימיים בבנקים לתוכניתנים.

1969–1965: הבנקים מחדירים את המיחשוב. סניפי הבנקים השונים מוסבים למחשב ואף זוכים בפרס קפלן בגין יעילות ביצוע תהליך ההסבה. בנק דיסקונט זכה בפרס בשנת 1966, בנק לאומי זכה בפרס בשנת 1970.

1968: התחלת הפעלת מכשירי הבנקומט לשירות הלקוחות. התהליך הלך והתפתח והגיע לשיאו בשנת 1987, כאשר כ־550 מכשירים של כל הבנקים מחוברים ברשת תקשורת בין־בנקאית ומאפשרים ללקוחות כל הבנקים להשתמש בהם, תוך כדי בקרה ובדיקה מתאימה.

1971: יצירת סטנדרט בין־בנקאי למיגנט שקים, בעקבותיו נוצר הבסיס לשימוש בשקים ממוגנטים, מיונם באמצעות ממיינות מהירות והפעלת המסלקה בשנת 1974.

1982: מערכת הבנקאות מצטרפת לרשת התקשורת הבינלאומית SWIFT להעברות כספים בין בנקים.

1985–1983: החדרת מסופים לשימוש עצמי של לקוחות בסניפי הבנקים, ובנקאות ביתית ועסקית לרשות הלקוחות, לשם קבלת מידע בבית הלקוח או במקום העסק.

1986–1983: הפעלת חדרי עסקות מט״ח בבנקים. מימד חדש בשימוש באינפורמציה ובטכנולוגיה לקבלת החלטות תפעוליות.

1986: הפעלת מערכת POS (Point Of Sale) בבתי עסק.

1987: הפעלת מערכת תקשורת בין־בנקאית להעברת נתונים בין מכשירי הבנקומטים של הבנקים השונים. נוצרה, אפוא, תשתית להעברת תנועות כספיות בין סניפים של בנקים שונים ובין בתי עסק לבין הבנקים.

סוף שנת 1988: בנק ישראל מתכוון לתת היתר לבנקים לביצוע פעולות במסגרת הבנקאות הביתית והעסקית.

הכרטיס החכם (Smart Card) ישתלב בין מרכיבי כרטיס האשראי לצרכי חיוב הלקוח וזיכוי בתי העסק, בגין ביצוע עסקאות פיננסיות.

השימוש בשקים יקטן לטובת שיטות חיוב/זיכוי זולות מבחינה תפעולית וידידותיות יותר מבחינת המשתמש.

הדיסק האופטי ישתלב במערכות הבנקאיות לצרכי איחסון כמויות מידע במחיר זול, תוך מתן אפשרות איחזור מהיר.

סניפי בנק אוטומטיים אשר הופעלו בצורה נסיונית על ידי בנקים שונים ירתמו את מירב החידושים האלקטרוניים והטכנולוגיים וכמותם תגדל. החידושים יתבטאו בהרחבת שירותים ידידותיים במסגרת המסופים לשירות עצמי, מסופים למתן שירותי יעוץ, תוך התבססות על מערכות תומכות החלטה ובינה מלאכותית.

קרוב לודאי שגם הסניפים המסורתיים ישנו צורה וסגנון. הלקוחות שלא יפנו למערכת השירות העצמי יקבלו שירות ממומחים שייעזרו במסופים הניזונים ממאגרי המידע במרכזים ומתוכנה יישומית שתאפשר מתן כל מרכיבי השירות הבנקאי ללקוח, ללא צורך במעבר מפקיד אחד למשנהו.



תחבורה



עיבוד הנתונים בתחבורה האווירית המיחשוב ב־"אל־על"

כתריאל צימט, לשעבר מנהל יחידת המחשב של חברת "אל־על"

שלוש חברות ענק בתחום התחבורה במשק הישראלי משתמשות במיחשוב בקנה מידה גדול, אבל בצורה שונה. בעוד חברת "אל־על" היא דגם של מערכת ריכוזית ("Mainframe" מרכזי עם אלפי מסופים ברשת תקשורת עולמית), חברת "צים" מפעילה מערכת ביזורית (רשת של עשרות מחשבים מפוזרים בעולם כולו ומחוברים בתקשורת). בחברת "אגד" פועלת מערכת שהיתה במקורה מרכזית, ובהדרגה עוברת למערכת הכוללת עשרות מחשבים עצמאיים בכל הארץ, המחוברים למחשב מרכזי דרך רשת תקשורת.

בכל אחת מן החברות, "אל־על", "צים" ו"אגד", התפתח המיחשוב בצורה שונה. בתחילת הדרך לא הוכתבו המדיניות ובחירת הטכנולוגיות ע"י ההנהלה הבכירה, אלא צמחו מלמטה למעלה, בעיקר ביוזמת האחראים על המיחשוב. ההתפתחות היתה איטית, עם כל הזיג־זגים המאפיינים תהליכים מעין אלה, והתאימה את עצמה לצרכים ולתרבות הארגונית של החברות הללו.
רק בשלבים מתקדמים יותר החלה להיות ניכרת השפעת ההנהלות הבכירות ומעורבותם בקביעת מדיניות ובתכנון לטווח ארוך.

בעבודה "Managing the four stages of EDP growth" של הפרופסורים R.L. Nolan ו־C.F. Gibson, שראתה אור ב־Harward Business Review, אופיינו שלבי ההתפתחות והצמיחה של יחידות מחשב בארגונים. מפליא להיווכח עד כמה מתאים איפיון זה גם לתנאי הארץ.
במאמר זה מגדירים המחברים ארבעה שלבים של התפתחות המיחשוב:
שלב 1: עשיית נפשות למיחשוב.
שלב 2: חוסר יכולת להיענות לציפיות היתר ולדרישות ההולכות וגדלות של המשתמשים.
שלב 3: חיזוק הבקרה והניהול, מודעות לעלויות, רה־ארגון.
שלב 4: התבגרות ארגונית וטכנולוגית, השתלבות בפעילות העסקית של החברה.

התפתחות המיחשוב באל־על, כפי שתתואר להלן, משקפת באופן ברור את כל אחד מהשלבים שלעיל.

התפתחות המיחשוב בחברת "אל־על"

עידן המיחשוב באל־על התחיל למעשה בקיץ 1964, אך צעדים ראשונים נעשו עוד לפני כן.
בשנת 1960 הוגש למנכ"ל החברה התזכיר "בדיקת כדאיות שיטות עיבוד נתונים אלקטרוניות (Electronic Data Processing)". התזכיר הצביע על דרכים ושיטות שאומצו מאוחר יותר ע"י הנהלת החברה.
בשנות השישים עדיין שלט הכרטיס המנוקב וכל עבודות הנהלת החשבונות, המשכורות ועוד, בוצעו באמצעות מכונות י.ב.מ. קונבנציונליות.
פריצת הדרך והתנופה הגדולה החלו בשנת 1964, כאשר המנכ"ל, שלמה להט הזמין ארצה את הפרופסור לכלכלה מאוניברסיטת קולומביה, סו ריצ'מונד, ואתו את דיק ברנדון ז"ל, כוכב עולה בתחום המיחשוב.
שניהם בדקו את כל הנושא, כפי שהומלץ בתזכיר הנ"ל, אישרו את תכנית המעבר למחשב, הגדירו מפרטים למכרז ובחרו את הצוות להקמת הפרוייקט.

הצעדים הראשונים

בעקבות מכרז הזמינה חברת "אל־על" מחשב מדגם 360/30, מהראשונים בארץ בסדרת ה־360.
צוות התכנון והתיכנות מנה 9 איש, בראשותי.
התכניות נכתבו בשפת האסמבלר. הניסויים והבדיקות בוצעו בחו"ל משום שבארץ לא היה זמין מחשב ממשפחת 360.
בדרך זו הוכנו התכניות להסבה ולהפעלה של מספר מערכות בסיסיות: נוכחות עובדים, משכורות, הנהלת חשבונות, תקציב, תמחיר, מלאי ועוד.
במקביל לפעילות זו נבנה בנין מיוחד עבור יחידת המחשב.
בסתיו 1966 נסתיימה ההסבה, המחשב החל לפעול בשיטת האצווה (batch).
לשם השוואה, מעניין לציין כי המחשב הראשון של אל־על – 360/30, שכלל זכרון 16K, 4 כונני סרטים, מדפסת וקורא כרטיסים, נרכש לפני 22 שנה במחיר "הצנוע" של כרבע מיליון דולר!
כידוע, היום ניתן לרכוש מחשב אישי רגיל עם יותר כח מיחשוב בפחות מאלף דולר!
כדבר יוצא דופן מעניין להזכיר שהמחשב 360/30 סופק ע"י יבמ ללא עמדת בקרה (console), כדי להוזיל את מחירו, ורק אחרי מאבק עיקש אושרה התוספת של 10,000 $ לרכישת עמדת הבקרה.
במשך השנים הבאות הורחב המחשב הן בזכרון והן בדיסקים ובהדרגה עברו המתכנתים לשפות RPG וקובול והמחשב הופעל תחת מערכת ההפעלה DOS.
צוותי התכנון והתיכנות אורגנו לשרת את הפונקציות המרכזיות של החברה: כספים, כח אדם, תחזוקה, מבצעים.
נוסף למערכות מחשב קלסיות פותחו גם מערכות חדשניות לתקופה ההיא:
לדוגמה, מערכת תכנון ושיבוץ צוותי אוויר. טכניקות התכנון הליניארי היו עדיין בתחילת דרכם ותכנון ליניארי אינטגרלי עוד לא היה זמין.

עידן מערכות זמן־אמת (real time)

בראשית שנת 1971 החלה תקופה חדשה במיחשוב אל־על, עם המעבר למערכות זמן אמת (real time).
הצעד הגדול הראשון היה התחברות למחשבי "בריטיש איירווייס" בלונדון בקו תקשורת נתונים, כדי לאפשר שינוע נוסעים (check-in) במערכת ממוחשבת, בעבודה הידברותית מול צגים. באולם הנוסעים היוצאים הותקנו 24 עמדות מצוידות, הודרכו עובדים והמערכת הראשונה בתחום זמן אמת יצאה לדרך בהצלחה רבה.
ראוי להזכיר, שאל־על תרמה לתעשיה האלקטרונית הישראלית כאשר הזמינה, בניגוד לדעתם של הבריטים, צגים מתוצרת ישראל. המסופים יוצרו במיוחד עבור אל־על לשימוש במערכת שינוע נוסעים, ומאוחר יותר במערכת ההזמנות.
בסוף שנת 1973 החליטה ההנהלה בראשות המנכ"ל, מרדכי בן־ארי, על הקמת מערכת הזמנות אלקטרונית בשם "כרמל" CARMEL - (Computer Airline Reservations & Message Switching of EL-AL). הפרוייקט כלל קליטת כ־5000 תכניות זמן אמת כתובות באסמבלר,

כתיבת תכניות מיוחדות לצרכי החברה, הדרכת עובדים, הקמת בנק ובו מרכז המחשבים החדש, רכישת שני מחשבים חד־שים מסדרת 370, הקמת רשת תקשורת ועוד. הפרוייקט כולו כלל, ברשת פרט (PERT), יותר מ־600 צמתים (Nodes) עם לוח זמנים קשוח.

תאריך היעד שנקבע להפעלת המערכת הושג בדייקנות.

החל מינואר 1976 השתלבה "אל־על" בעולם התעופה המודרני כשווה בין שווים, כשלרשותה מערכת הזמנת ושינוע נוסעים בסטנדרט בין־לאומי.

תחילה הוקמה מערכת "כרמל" בסניפים ברחבי הארץ, לאחר מכן בארה"ב, ובמשך הזמן בכל יעדי הטיסה של "אל־על" בעולם.

מערכת "כרמל" חוללה מהפכה כפולה ב"אל־על":

– מעבר ממערכת הזמנת ידנית למערכת ממוחשבת.

– מעבר ממערכת מבוזרת למערכת בשליטה מרכזית.

הסביבה הממוחשבת החדשה

מערכת "כרמל" כוללת את השירותים הב־אים:

- מידע מיידי לכל לקוח בארץ ובעולם.
- שליטה מרכזית בזמן אמת על כל טיסות החברה.
- רישום הזמנת מקומות וביצוע שינויים לטיסות "אל־על" וחברות אחרות.
- העלאת נוסעים לטיסות (check-in).
- קשר ממוחשב עם כל חברות התעופה בעולם.
- שירותים מיוחדים לנוסעים: אוכל מיוחד, הזמנת מלון ושירותי תיירות אחרים.
- הטבות לנוסע המתמיד.
- הדפסת כרטיסי טיסה.
- הדפסת כרטיסי עליה למטוס והקצאת מושב במטוס.
- שירותים לסוכני נסיעות.
- חישובי משקל ואיזון של המטוסים לקר־את הטיסה.

כל זאת במערכת המתפקדת בזמינות של 99.5%, 24 שעות ביממה, 365 יום בשנה.

במקור היתה כוונה לדומם את מערכת "כרמל" ביום הכיפורים אך הדבר נמצא בלתי מציאותי כי, לדוגמה, הבדל השעות בין ת"א ולוס־אנג'לס הוא 10 שעות, ובעת שהולכים לכל נדרי בישראל, עדיין מתעוררים בקליפו־רניה ליום עבודה רגיל.

בשנות השבעים המאוחרות פותחו במקביל למערכת "כרמל", גם מערכות זמן אמת (real time) אחרות.

מערך תחזוקת המטוסים, ניהול צוותי אוויר, תכנון טיסות, שינוע והטסת המטען האווירי ומערכות אחרות, מוחשבו ב־IMS/DC.

כל המסופים בכל משרדי "אל־על" בארץ ובעולם קשורים ברשת תקשורת בין־לאומית (SITA) תחת מערכת יבמ SNA, למרכז המחשבים בנמל התעופה בן גוריון.

שירותים אלה, הניתנים ע"י מחשב MVS גדול, המפעיל מערכת IMS DB/DC עם מודולים רבים, זמינים לכל המשתמשים בארץ ובחו"ל 24 שעות ביממה במשך כל השנה, תוך אמינות של 98.0%.

"אל־על" לקראת שנות התשעים

מערכות המידע של התעופה האזרחית, כפי שפותחו בשנות השבעים, התאימו לעידן של יציבות:

לוחות זמנים – שינויים רק 4 פעמים בשנה.
מחירים – שינויים מעטים.
שערי מטבע – קבועים.

בשנות השמונים השתנתה התמונה מקצה לקצה:

לוחות זמנים – משתנים בתדירות גבוהה.
מחירים – משתנים בקצב מהיר.
שערי מטבע – משתנים מיום ליום.

לאור כל זאת נדרש שינוי יסודי ברוב המער־כות הממוחשבות של התעופה, בעיקר באלה המטפלות בנוסעים, במטען ובכספים.

משימה זאת מסובכת ומורכבת ביותר.

כתוצאה מהדה־רגולציה המתקדמת באר־ה"ב, אשר מתחילה לתת את אותותיה גם באירופה, מתבצע שינוי מרחיק לכת במער־כות הממוחשבות של חברות התעופה. כולן הכירו בחשיבות מערכות המידע ככלי אסטרטגי בתחרות הקשה ובמלחמת ההישר־דות.

ההשקעות הנדרשות גדולות כל כך שרק חברות כמו "אמריקן איירליינס" או "יונייטד איירליינס" וענקים אחרים בארה"ב יכולים לעמוד בהן.

באירופה ובאסיה מתאחדות חברות לתאגי־דים כדי לעמוד במשימה.

לחברות הקטנות יש רק דרך אחת והיא להצ־טרף לאחת מהקבוצות האלה.

תנאי בל־יעבור הוא כמובן קיום מערכת הז־מנות פנימית "In house" שתצוייד בכלים הדרושים להתקשר ולהתחבר לכל מאגרי המידע המרכזיים.

"אל־על" מתכוננת לתקופה החדשה עם בניית מערכת "כרמל 2" שתחליף את מערכת "כרמל" הקודמת, אשר הספיקה להתיישן לאחר 12 שנות קיומה. אמנם הוכנסו בה במשך השנים שינויים ושיפורים רבים אך, ככל מערכת ממוחשבת, בא הקץ לכל הטל־אים.

כמו כן ישנן פונקציות חדשות, הבאות לענות על דרישות השוק, שפשוט לא ניתן לספק במסגרת המערכת הישנה.

לדוגמה, "אל־על" תתחבר למאגר המרכזי של מחירים ותעריפים שכן היא לבדה אין לה כל סיכוי להשתלט על כמות המידע האדירה ולבצע את העדכונים הנדרשים כל העת.

דוגמה אחרת היא התקשרות למאגרי ההז־מנות של רשתות בתי מלון.

הקשר עם סוכני הנסיעות וגורמי התיירות האחרים (בתי מלון, השכרת רכב, רכבות, טיולים מאורגנים ועוד) נהפך למרכיב חשוב בשיווק מוצרי התיירות.

במאבק על כיסו של הלקוח נעזרות החברות יותר ויותר במערכות מידע ממוחשבות, בע־לות כח אדיר.

גם בישראל אנו עדים למלחמה זאת בין סוכני הנסיעות ו"אל־על", ותוצאות סכסוך זה עדיין לא ברורות.

לסיכום

תוך כ־20 שנה חל מהפך מהמם בתחום המיחשוב בתעופה, ממחשב שכושר החישוב שלו קטן מפי.סי. של היום עד מערכות ממוחשבות מקוונות, ברשת תקשורת חובקת־עולם לשירות המשתמשים יום ולי־לה, שבה מחשבים מרכזיים רבים, מחשבי מיקרו במאות, ומסופים באלפים.

הישגי המיחשוב ב"ארקיע"

פרופ' ישראל בורוביץ, אוניברסיטת ת"א



האגודה הבינלאומית למערכות מידע, שמקום מושבה בסיאטל ארה"ב, העניקה פרס למאמר מדעי ישראלי הדן במערכת המידע הממחושבת של חברת התעופה "ארקיע". המערכת מנהלת את כל מערך ההזמנות וניהול הטיסות של חברת "ארקיע" באופן ממוחשב.

בנימוקי הוועדה האמריקנית נכתב, בין היתר, כי "מתכנני המערכת ומפתחיה עשו שימוש בטכנולוגיות חדשניות, בתעוזה ובדמיון".

לדבריהם, "הוכח כי פיתוח של מערכת ממוחשבת חכמה ויעילה תרם באופן מיידי לרווחיות החברה, לשיפור השירות ללקוחות ולהתייעלות עצומה בתהליך קבלת ההחלטות". - מן העיתונות.

סיפורה של חברה

חברת "ארקיע" הוקמה בשנת 1949 על ידי "אל על" וחברת העובדים של ההסתדרות הכללית. באותה שנה הפעילה החברה שתי טיסות שבועיות בין תל אביב לאילת והטיסה במטוסי "קומנדו" C-46 13,000 נוסעים. מטוסים אלה היו הקשר היחיד של אילת עם העולם.

בשנת 1964 פתחו מלונות הפאר הראשונים את שעריהם באילת. עשרות אלפי ישראלים הגיעו בחופשות לאילת. "ארקיע" רכשה שני מטוסי מדחף סילוניים מדגם "הראלד" עם תפוסה של 50 מקומות.

בשנת 1966 הפעילה החברה טיסות בשמי המדינה כולה, ממחניים שליד ראש פינה, שדה התעופה של אצבע הגליל, ועד אילת. מספר הנוסעים בכל הקוים היה 176,000.

ב־1982 הצטיידה "ארקיע" במטוסי בואינג 737 לקראת הפעלתן של טיסות בין לאומיות ליעדים באירופה. מטוסי "ארקיע" נוחתים בלונדון, פריז, מינכן, פרנקפורט ועוד.

ב־1987 הטיסה "ארקיע" 113,000 נוסעים בטיסותיה הבינלאומיות ו־350,000 נוסעים בטיסות פנים־ארציות.

מערכת ההזמנות הישנה

מערכת ההזמנות הידנית היתה בשימוש עד ליישומה של המערכת החדשה AMSYS (Airline Management SYStem). פקידי הזמנות במשרדים שונים (תל־אביב, אילת, חיפה, ירושלים, ועוד) ישבו מסביב לשולחן עגול אשר עליו היתה מותקנת קרסולה מיוחדת שהכילה דפים קשיחים גדולים - דף עבור כל טיסה. כל דף הכיל את רשימת הנוסעים לטיסה מסויימת. כאשר הזמנה הגיעה, היה פקיד ההזמנות מחפש את דף הטיסה המתאים, אשר לעתים נמצא בשימוש אצל פקיד הזמנות אחר, ורושם בו את שם הנוסע בעפרון. עפרון ומחק היו כלי העבודה העיקריים. בגלל היותה מערכת ידנית, כל משרד היה מקבל הקצבה של מקומות עבור כל טיסה, אשר רק אותם היה רשאי למכור, כדי למנוע מכירת־יתר. נוהל זה לא איפשר קבלת תמונת מצב עדכנית של הטיסות. במקרים רבים היה משרד אחד מוכר את כל המקומות אשר היו מוקצבים לו, ואילו משרד אחר נשאר עם מקומות לא מכורים. נוסף לכך היו בעיות נוספות, כגון: הזמנת כפולות ע"י נוסע, אי היכולת לשייך את טיסת ההלוך והחזור של אותו נוסע, ועוד.

בחברת "ארקיע" באו לידי ביטוי חמש הסיבות הנזכרות בספרות המקצועית כאופייניות לסיום מחזור החיים של מערכת מידע: גידול בכמות עיבוד הנתונים (גידול במספר הנוסעים, השירותים הנמכרים, והטיסות), התפתחות טכנולוגית (חומרה ותוכנה), שינוי במערכות קשורות (חברות תעופה אחרות, רשתות תקשורת, ומערכות מידע אחרות ב"ארקיע"), שינויים בסביבה (התחרות מצד חברות תעופה אחרות, פנים־ארציות ובינלאומיות), והשינויים בדרישות מצד המשתמשים.

כתוצאה מהבעיות האלה ועקב הגידול במספר הנוסעים, החליטה הנהלת החברה לרכוש או לפתח מערכת הזמנות ממוחשבת, אשר תשמש, נוסף לביצוע הזמנות, גם ככלי לתכנון ובקרה של מערכת הטיסות, הכוללת טיסות פנים־ארציות וטיסות בינלאומיות.

החלופות והבחירה

ארבע חלופות עמדו בפני אנשי מערכות המידע:

1. להישאר עם המערכת הידנית הקיימת.
2. להתקשר למערכת ממוחשבת של חברת תעופה אחרת (co-hosted).

3. לרכוש מערכת הזמנות מחברת תעופה אחרת או מספק תוכנה.
4. לפתח מערכת חדשה.

לאור המצב הקיים לא ניתן היה להתייחס כלל לחלופה הראשונה. לכן נשקלו שלוש החלופות האחרות. החלופה השניה היתה אפשרית ע"י חיבור למערכת של British Airways (London) או למערכת של Swissair (Zurich). בשני המקרים היתה העלות השנתית, כולל עלות התקשורת, עלולה להגיע לכמיליון דולר (באותו זמן היה החיוב עבור קטע טיסה לנוסע כ-3$). האפשרות להתחבר למערכת ההזמנות של אל-על לא נבדקה טכנית וכלכלית מכיוון שמערכת זו, אשר נרכשה בזמנו מ-British Airways, לא איפשרה חיבור של חברת תעופה נוספת.

בחינת האפשרות לרכוש מערכת, החלופה השלישית, העלתה כי התקנת מערכת הפועלת בחברת תעופה אחרת, תיתכן רק במערכת המותקנת על מחשב גדול (Mainframe). עלות רכישת החומרה והתוכנה הוערכה בכשלושה מיליון דולר.

לכן, נבחרה החלופה הרביעית – לפתח מערכת חדשה. במקביל, וכתוצאה מהחלטה זאת, התקבלו מספר החלטות נוספות:

התקציב אשר הועמד לרשות הפרויקט (חומרה ותוכנה) היה 100,000$. במסגרת התקציב הנתון היה ברור כי הפתרון האפשרי חייב להתבסס על טכנולוגיה חדשה, קרי סופר-מיקרו-מחשב (רב-משתמשים) ושפת תוכנה מתאימה.

העובדה כי בחברת "ארקיע" לא היה כח אדם מספיק ומתאים, והרצון לפתח את המערכת במסגרת התקציבית אשר נקבעה, הביאו את הנהלת הפרויקט לקבל את ההחלטה להיעזר בבית תוכנה חיצוני.

מטרה נוספת אשר עמדה בפני מתכנני המערכת, היתה לפתח מערכת אשר תהיה בלתי תלויה בחומרה (יצרן וגודל) ויחד עם זאת תהיה קלה לאחזקה. השפה שנבחרה היתה RM/COBOL, שפה הפועלת על מספר רב של מחשבים, מ-PC ועד ל-Mainframes, ללא תלות כמעט במערכת ההפעלה.

החלטה נוספת אשר התקבלה תוך כדי הגדרת הפרויקט (לו"ז, משאבים שונים ותקציב) היתה לפתח את המערכת בשלבים, תוך יישום אותם חלקים אשר הושלמו.

יישום המערכת

תוך כדי יישום המערכת נלקחו בחשבון מספר נקודות אשר לדעת מפתחי המערכת היו קריטיות להצלחת היישום:

מעורבות ההנהלה – הנהלת החברה התחייבה להעמיד לרשות הפרויקט את כל המשאבים הדרושים (כמובן במסגרת התקציבית אשר נקבעה). מנהלת הפרויקט עידכנה את ההנהלה לפחות פעם בחודש על מצב הפרויקט. ההנהלה היתה מעורבת גם בתהליך הפיתוח והיישום, וכן שאר המשתמשים.

מעורבות המשתמשים – המערכת פותחה עבור משתמשים בדרגים שונים של החברה. מעורבות המשתמשים הינה קריטית להצלחת הפיתוח והיישום. המשתמשים אישרו את ההגדרות, התכנון, והתוצאות של מבחנים שונים. המשתמשים היו מעורבים בתהליך היישום, כולל בקרת איכות.

פיתוח ויישום הדרגתי – המערכת פותחה ויושמה בשלבים. עבור כל מודול של המערכת פותח אב-טיפוס אשר איפשר שימוש כמדמה (simulator), אשר בעזרתו ניתן היה לבחון את הגדרת ותכנון המודול.

ניהול השינויים – לאור העובדה שהמערכת פותחה בשלבים, שיטה "המזמינה" הרבה שינויים תוך כדי מהלך הפיתוח, פותח נהול מפורט וקשיח לטיפול בדרישה לשינויים. כל שינוי נדרש נבחן בהיבט הכלכלי, הטכני, והשפעתו על לוח הזמנים.

המערכת פותחה משנת 1982 עד 1985. כיום פועלת המערכת על מחשב סופרמיקרו 32 NCR Tower תחת מערכת ההפעלה UNIX. למערכת מחוברות 48 תחנות עבודה הפזורות בכל חלקי הארץ. נוסף לכך המערכת מחוברת לרשת התקשורת SITA, רשת התקשורת הכלל עולמית של חברות התעופה.

יישום המערכת נעשה בחמישה שלבים:

שלב 1 (1983): הדרכה תוך כדי "משחק" עם המערכת החדשה.

שלב 2 (1983): התקנה ויישום של המערכת במרכז ההזמנות בתל-אביב. שאר מרכזי ההזמנות ממשיכים לעבוד עם המערכת הידנית.

שלב 3 (1984): התקנה ויישום של המערכת במרכז ההזמנות באילת.

שלב 4 (1985): שילוב שני מרכזי ההזמנות למסד נתונים אחד.

שלב 5 (1986): התקנה ויישום של המערכת בכל מרכזי ההזמנות.

תיאור כללי של המערכת

מערכת ההזמנות בחברת "ארקיע" כוללת את הפונקציות הבאות:

הזמנות: הזמנות לטיסות, בתי מלון, השכרת רכב, ושירותי קרקע נוספים. כולל תעריפים עבור השירותים השונים.

ניהול מלאי המקומות ושאר השירותים: המערכת מאפשרת ניהול בזמן אמיתי של כל המקומות בטיסות השונות ושאר השירותים (חדרים בבתי מלון, רכבים להשכרה, סיורים, ועוד).

מידע ניהולי: המערכת מספקת באופן שוטף, באמצעות דוחות ו/או הצגה על גבי מסך, מידע ניהולי לדרגי הניהול השונים בחברה.

קשר עם חברות תעופה אחרות: קבלת הזמנות ממערכות של חברות תעופה אחרות. ביצוע הזמנות בטיסות של חברות תעופה אחרות.

ניהול חשבונות: ניהול ההתחשבנות עם סוכני הנסיעות וספקי השירותים.

דואר אלקטרוני: המערכת מאפשרת שירותי דואר אלקטרוני.

קשר עם מערכות מידע אחרות ב"ארקיע": המערכת קשורה עם שאר מערכות המידע בחברה.

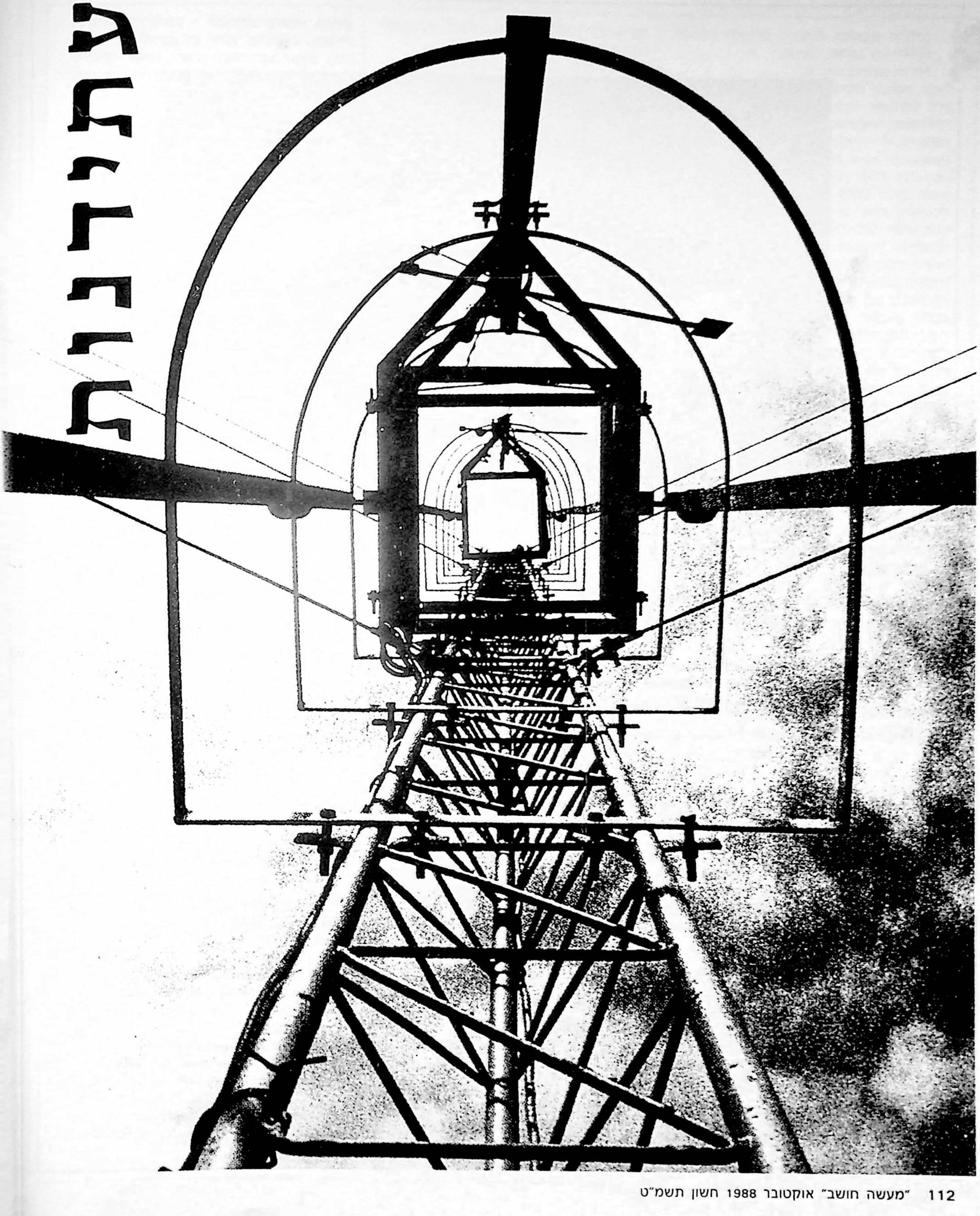
נוסף לנאמר לעיל, מכילה המערכת אמצעי הגנה שונים המבטיחים את אמינות הנתונים. המערכת כוללת בתוכה שבע רמות של יכולת גישה לנתונים השונים.



CALENDAR OF EVENTS

Date	*Event*	*Location*	*Sponsor/Information*
October 4-5, 1988	SGAICO Annual Conference on Artificial Intelligence in Manufacturing, Assembly and Robotics	University of Berne, Switzerland	Prof H Bunke, Universität Bern, Institut für Informatik und Angewandte Mathematik, Länggass-Strasse 51, CH-3012 Bern, Switzerland
October 12-14, 1988	IAPR Workshop on Computer Vision	Tokyo, Japan	Mikio Takagi, Institute of Industrial Science, University of Tokyo, 7-22-1 Roppongi Minato-ku, Tokyo 106, Japan
October 17-20, 1988	IAPR 9th International Conference on Pattern Recognition	Beijing, China	9ICPR Secretariat, Chinese Association of Automation, P.O.Box 2728, Beijing, China
November 6-11, 1988	Visual Communications and Image Processing III	Cambridge, Massachusetts, USA	SPIE, PO Box 10, Bellingham, WA 98227-0010, USA
December 5-8, 1988	IEEE 2nd International Conference on Computer Vision	Tarpon Springs, Florida, USA	ICCV 88, c/o Computer Society of the IEEE, 1730 Massachusetts Avenue, N.W., Washington, DC 20036-1903, USA
January 11-13, 1989	2nd International Workshop on Artificial Intelligence in Economics and Management	Singapore	Mrs Vicky Toh, Institute of Systems Science, National University of Singapore, Kent Ridge, Singapore 0511, Republic of Singapore
April 10-12, 1989	International Workshop on Industrial Applications of Machine Intelligence and Vision (MIV-89)	Roppongi, Tokyo, Japan	Prof Mitsuru Ishizuka (General Chair of MIV-89), Institute of Industrial Science, University of Tokyo, 7-22-1, Roppongi, Minato-ku, Tokyo 106, Japan
June 19-22, 1989	The 6th Scandinavian Conference on Image Analysis	University of Oulu, Finland	Prof Matti Pietikäinen, 6SCIA Chairman, Dept Electrical Engineering, University of Oulu, SF-90570 Oulu, Finland

עתידנות



המחשב בחיי יום־יום – תסריט עתידי

ד"ר י. בעל־שם, המרכז לחיזוי טכנולוגי ליד אוניברסיטת תל־אביב

קצב ההתפתחות הטכנולוגית בימינו הוא כה מהיר, עד כי "עליך לרוץ קדימה כדי לא להיסחף אחורה" (כדברי עליסה בארץ הפלאות). תוך 25 השנים אחרונות גדלה צפיפות השערים הלוגיים (או הטרנזיסטורים) המוכלים בכל אחד משבבי האלקטרוניקה (ה"ג'וקים") פי מיליון ואילו מחירה של כל יחידה לוגית קטן פי אלף ויותר – שינוי ב־9 סדרי גודל, שאין כדוגמתו בהיסטוריה האנושית. חדשנויות בטכנולוגיות המידע (ביחוד במיקרואלקטרוניקה) ובטכנולוגיות התקשורת (כולל סיבים אופטיים ולויינים) הניבו את השילוב בין מחשבים לתקשורת – התיקשוב. כך נוצרו הזדמנויות מרובות לפיתוחם של מוצרים, מערכות ושירותים שונים הקשורים לאיסוף, עיבוד, קליטה, תמסורת ותפעול של מידע. כבר עתה בידינו מספר רב של מוצרים "חכמים", בהם הורחב כושר עיבוד המידע של מוצרים ישנים, ובפיתחנו כבר עומד מגוון של רובוטים ומכונות כלים מפוקדות מחשב – נכונים לשרתנו בדור הבא.

ראוי לציין כי החברה האנושית לא התקדמה בקצב התפתחות הטכנולוגיה ולכן לא תמיד רצתה – או ידעה – לנצל את פירותיה. כך, למשל, נדרשו שנים רבות עד חדירתם של מעבדי התמלילים אל המשרד, ושל תנור המיקרוגל אל המטבח. תהליך קליטתם של מוצרי טכנולוגיות המידע במערכות החינוך הינו עוד יותר ארוך ועדיין נתקל בחסמים רבים.

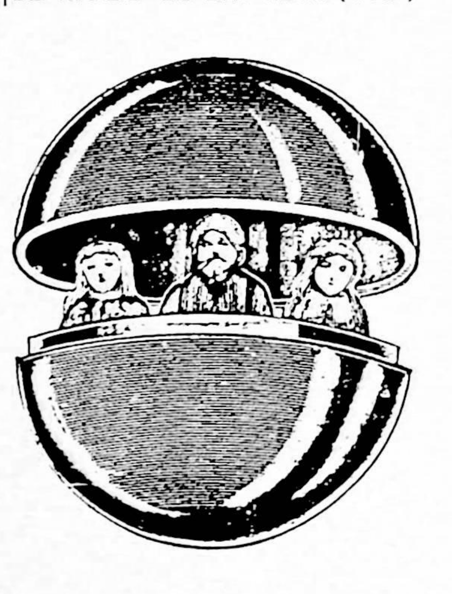
על כן, כל תסריט המתייחס ליישומים עתידיים של תוצרי טכנולוגיות המידע בחיי היום־יום מבוסס מלכתחילה על ראיה סובייקטיבית של מגמות ההתפתחות החברתית. במאמר זה ההנחה היא כי החברה הישראלית של סוף המאה ה־20 תדע להעריך את הטכנולוגיה ואת תרומותיה ותמשיך לאמץ את המוצרים החדשים.

מוצרי ושירותי הדור הבא

מוצרי טכנולוגיות המידע המשרתים אותנו כיום בעיסוקינו הרגילים – המחשב האישי, מקלט הטלויזיה, הטלפון, הוידיאו־טייפ או מערכת השמע – הם בדרך כלל מוצרים נפרדים זה מזה, שלכל אחד מהם תפקיד עצמאי ובלתי תלוי. אולם המגמה המסתמנת בטכנולוגיות המידע היא דוקא מגמה של שילוב מערכות. צפוי כי המוצרים העתידיים יהיו משולבים יותר, יהיו עשויים מ"אבני בנין" המשתלבות זו בזו כמו מערכות השמע של ימינו. לרוב, מערכת משולבת מעין זו תהיה מפוקדת־מחשב, כמו במנגני תקליט־אור (CD).

הדור הבא של טכנולוגיות מחשבים ומידע ליישומי יום־יום יכלול:

- מיקרו מחשבים רבי־עוצמה וזולים יותר.
- תוכנה מתקדמת, כולל שפות דור רביעי, מערכות מומחה ומערכות הפעלה מרובות משתמשים (multi users), אשר יצמצמו את הידע הנדרש להפעלת מחשבים.
- טלויזיה ספרתית, כולל תצוגה גרפית בצבעים וטלויזיה בהגדרה גבוהה (HDTV).
- רשתות מקומיות (LAN) לתקשורת ספרתית, מותאמות לסביבה הביתית ורשתות מטרופוליטניות (MAN) או איזוריות (WAN) לחיבור אלפי מנויים באיזור נתון.



- התקני טלפוניה "חכמים" (מערכות "אחסן והעבר" לדיבור, טלפונים אלחוטיים אישיים לטווחים קצרים).
- טכנולוגיות אחסון ספרתיות למידע אודיו ווידאו עם גישה ובקרה ספרתית (CD-ROM).
- מערכות וידאוטקס לסוגיהן ושירותי מידע רב־תפקודיים שונים.
- מערכות בקרה ספרתיות משוכללות (לניהול מערכות אנרגיה, מעקב ופיקוח לצרכי בטחון, בקרת אירועים).
- מערכות תקשורת משולבות להעברת מידע ספרתי (אלפא־נומרי, אודיו ווידאו).

אך יותר מכל, הדור הבא יתאפיין בשילוב בין כל המוצרים והשירותים האלה למערכות אינטגרטיביות, אשר תשרתנה מכלול שלם – את המשרד, את בית המלאכה או את בית המגורים. נפנה תחילה לבית המגורים.

שירותי מידע לבית

החיים המודרניים מחייבים נגישות רבה למקורות מידע מגוונים – החל ממספרי טלפון, המשך במידע על תנועת אוטובוסים, רכבות ומטוסים ועד מידע על מועדי הדלקת נרות או מתכונים לבישול. כל אלה מסופקים כבר היום בארצות שונות באמצעות מערכות וידאוטקס (כמו PRESTEL באנגליה או TELETEL בצרפת). ברבות הזמן גם סוגי מידע שאנו שואבים ממקורות מקומיים, כגון קריאת ערכים מכרכים של אינציקלופדיה, יסופקו לנו ממקורות מידע אלקטרוניים, שיהיו יותר עדכניים. צוות חוקרים במעבדות MIT עוסק בפיתוח תוכנה מתוחכמת, אשר תאפשר לנו לבנות לעצמנו עתון אלקטרוני אישי המותאם לנושאים הספציפיים שיש לנו ענין בהם. תוכנה כזו תברור מתוך כלל המידע המתפרסם בכל העתונים את הקטעים הרלבנטיים ל"פרופיל" האישי של המנוי ותבנה מתוכם את העתון האישי שיוצג על המרקע של המזמין, בזמן הנוח לו. מכאן שתלותנו העתידית בבסיסי מידע תהיה גדולה ביותר וכל מערכת מידע ביתית תהיה קשורה לשירותי מידע ציבוריים ומסחריים שונים.

הפעילות עם בסיס המידע לא חייבת להצטמצם בדליית מידע בלבד. כבר היום אנו יכולים להתקשר מביתנו לבסיס מידע בנקאי, לקבל נתונים ובמקרים מסויימים אף לתת הוראות פעולה. אפשרות זאת תתרחב בעתיד ולא תצומצם לבסיסי מידע בנקאיים. כך נוכל לקבל פרטים על תכניות נופש ולהזמין כרטיסי נסיעה, להזמין מוצרים מ"כל־בו אלקטרוני" לאחר שהשווינו את מחיריו למחיריהם של בתי מסחר אחרים, להגיש את הצהרות המס לפקיד השומה או להעביר ידיעה לקבוצה רחבה של אנשים.

לא תמיד נדלה את ידיעותינו מבסיס מידע חיצוני. חלק ממקורות המידע יהיו מצויים גם בביתנו ויעודכנו מפעם לפעם. מערכות אחסון אופטי של מידע, כגון התקליטור האינטראקטיבי (CD-I – Compact Disk Interactive), שכל אחד מהם יכול לאחסן 600 מגה־בייט של מידע (כלומר כ־150,000 דפים), יאפשרו לנו לאחסן מסמכים, שרטוטים או סרטי וידאו הדרושים לנו תכופות בנפח קטן ועם אפשרות גישה מהירה. ניתן יהיה גם לעדכן דיסקים אלה – בעדכון מקומי או על ידי העתקת דיסק מעודכן. דיסקים אלה יהיו שימושיים ביותר למערכות הוראה – שבהן נדון בהמשך.

ראוי לציין כי המושג "מידע" אינו חייב להצטמצם למידע אלפא־נומרי בלבד. מער־

כות התיקשוב העתידיות ומאגרי הזכרון החדישים יאפשרו לנו לאגור ולאחזר מידע מסוגים שונים – החל בשרטוטים ומוסיקה ועד תמונות נעות, ובעתיד אף ריחות. כך נוכל "לבקר" בחדרי בית שאנו רוצים לרכוש בעקבות פניה לבסיס המידע של סוכנות נדל"ן, מתוך הכורסה שבחדר המגורים שלנו או "לחוש" את האוירה שבאתר נופש המוצע לנו באמצעות בסיס המידע של חברת נסיעות. כבר היום ניתן להעביר תמונות נחות במסגרת מערכות וידאוטקס מתקדמות הפועלות בקצב של 9600 סיביות בשניה.

עבודה מהבית

אחד היישומים החשובים ביותר שבו יבוא המחשב לידי ביטוי בחיי היום-יום יהיה בתחום העבודה מהבית. כבר עתה כ־13 מיליון אמריקנים מבצעים חלק כלשהו מעבודתם מביתם ומסתייעים לשם כך במחשבים. מגמה זו תתרחב (יחד עם ריבוי פקקי התנועה בכבישים וקיצור שעות העבודה השבועיות) ובעתיד נמצא יותר ויותר אנשים המבצעים את רוב עבודתם מביתם ומעבירים את תוצר פעילותם מהמחשב האישי שלהם – ישירות אל המחשב המרכזי של החברה המעסיקה אותם. אנשים אלה – פקידי חברות ביטוח, מתכנתים, מזכירות־מדפיסות, עתונאים, פקידי רשויות מקומיות ועוד – יתייצבו במקום העבודה המרכזי לעתים מזומנות, לקבלת הנחיות ותדריכים ולשמירת הקשר עם חבריהם לעבודה. ברור כי לא בכל המקצועות ובכל הדרגים יתאפשר לבצע את העבודה מהבית ולא תמיד יהיה זה מבית המגורים עצמו (לפעמים מ"מרכז עבודה שכונתי") אך צפוי כי בעוד מספר שנים לא רב, כ־10% מכלל המועסקים בארצות המפותחות יבצעו חלק נכבד מעבודתם ממקום אשר מחוץ למשרדים המרכזיים של החברה המעסיקה אותם.

מגמת העבודה מהבית נראית בעלת יתרונות רבים – הן למעסיק והן למועסק. המעסיק יחסוך בהוצאות לשטחי משרדים, חניה, סבסוד ארוחות ויזכה בהגברת פריון העבודה של עובדיו ובהרכב יציב יותר של צוות העובדים. למועסק יהיו היתרונות של גמישות בשעות ובמקום עבודה, אי הצורך בנסיעה יומית בכבישים עמוסים בשעות השיא והאפשרות לשנות את מקום מגוריו מבלי צורך לשנות את מקום עבודתו, או להיפך. יתרה מזו – קבוצות שלמות של האוכלוסיה, כמו מוגבלי תנועה, הורים לתינוקות, יוכלו להמשיך בעיסוקם מבלי שייאלצו לעזוב את ביתם. מובן שיש במגמה זו גם חסרונות – עבודת־יתר, ניכור ועוד – אך נראה כי רבים בכל זאת יעדיפו את העבודה מהבית על שיטת עבודתם הנוכחית.

הבית הממוחשב

נוכחותו של "השבב הלוגי" בבית המגורים לא תצטמצם במחשב האישי או במחשבים האישיים שיופעלו בבית. כבר היום מצויים רכיבי מחשב לא מעטים במוצרי הבית – בתנור האפיה, במכונת הכביסה, במדיח הכלים ועוד. בעתיד הלא רחוק יעמדו לרשותנו מוצרי בית יותר "חכמים", אשר לא ידעו רק לווסת את פעילות עצמם אלא גם להעביר ולקבל הוראות ממערכת בקרה מרכזית אשר תתוכנת על ידי בעלי הבית. כך יוכל המקרר שהתקלקל להזמין ישירות שירות טכנאי לתיקון, וכאשר יתרוקן מיכל הגז תופנה הזמנה אוטומטית לחברת הגז לספק מיכל חדש. מכונת הכביסה תוכל להפסיק את פעולת מערכת חימום המים, כדי לא להעמיס את רשת החשמל יתר על המידה, ומחושים מיוחדים יפסיקו את התאורה ואת החימום בחדר שהתרוקן מיושביו.

תפקיד מערכת הבקרה הביתית הממוחשבת לא יצטמצם במערכות המטבח. המערכת



תשרת את הבית כולו – על מבנהו ויושביו. בסיוע מחושי טמפרטורה מחוץ ובפנים הבית היא תווסת את החום; מחושי רטיבות יסייעו למערכת לקבוע מתי להפעיל את הממטרות בגינה ומחושים מסוגים שונים יאפשרו לקיים שמירה רצופה על סביבת הבית ועל חדריו ולהזמין ישירות את גורמי החוק במקרה של פריצה. תקשורת פנימית בין חלקי המערכת תאפשר להורים לדעת אם הילדים כבר כיבו את מכשיר הטלויזיה בחדרם או להפעיל את מתקן הקפה במטבח, ברגע שהתעוררו במיטתם. מערכת בקרה במזווה תוכל לבצע "ספירת מלאי" מתמדת ולהזמין אוטומטית מוצרים חסרים ומערכת ניהול מלאי הלבוש תוכל אפילו להציע לבעלת הבית איזו שמלה ללבוש לאירוע מסוים ואף לגרום להבאת הבגד מחדר הארונות. מעל לכל אלה ברור כי המערכת הממוחשבת תאפשר העברת תכניות שמע ווידאו מן המכשירים אל רמקולים ומצגים בכל חדר דרוש.

חיבורה של מערכת המיחשוב הביתי אל מערכת התקשורת תאפשר הפעלתה מרחוק, אם לצורך הדלקת התנור בעת שבני הבית נמצאים במכוניתם בדרך הביתה או לצורך דלית פרט מידע מתוך בסיס המידע הביתי.

המעבר ההדרגתי של מערכות התקשורת לרשתות ספרתיות משולבות (ISDN) יקל עוד יותר על תהליכים אלה, מאחר שהמחשב הביתי יוכל "לשוחח" עם מחשבי התקשורת ולהזמין לדיירי הבית סרט טלויזיה מסוים לשעה נוחה להם או לקבוע "שיחת ויעוד וידאו" עם כמה מידידי בעלי הבית.

כדי שהדברים לא ייראו דמיוניים – ראוי לציין כי כבר היום מופעלות בארה"ב כמיליון מערכות בקרה ביתיות. אמנם אלה מערכות פשוטות יותר, אשר אין להן את כל האפשרויות שהוזכרו לעיל, אך המרחק בין ביצועיהן לבין ביצועי המערכת העתידית אינו כה רב. יתרה מזו – במקומות שונים בארה"ב נבנו בתים לדוגמה עם מערכות תיקשוב פנימיות הרבה יותר נרחבות מכפי שתואר כאן. חברות יפניות צופות כי שוק האוטומציה הביתית יגיע כבר בשנת 1990 לכדי 4 ביליון דולר ודואגות למצוא בו את מקומן. הצרפתים אף קבעו לאוטומציה הביתית מונח מיוחד – Domotique ומקיימים כנסים מקצועיים לדיון בהתפתחויות בתחום זה ברחבי העולם.

אוטומציה משרדית ותעשייתית

אין ספק כי המשרד והמפעל התעשייתי יהיו שניים מן התחומים שבהם חדירת המיחשוב תהיה נרחבת ביותר בשנים הבאות. כבר היום מוזרם ומעובד מידע רב בתחום המשרדי באמצעות מסופי מחשב, אולם במקרים רבים התפוקה נרשמת עדיין על גבי ניר. כך רושמים את נתוניו של התלמיד, מתייקים את תעודותיו או רושמים את נושאו של מכתב נכנס ובמקביל מתייקים את גליון הניר שעליו הוא מודפס. עם פיתוח קוראים אופטיים מתוחכמים יותר, מערכות זכרון נרחבות ואמצעי תקשורת משוכללים, נמצא כי חלק גדול יותר של תפוקות המחשבים המשרדיים יועבר באמצעות מערכות התקשורת לתצוגה על מסך המשתמש, בין אם הוא כולל כתב־יד או תמונה ובין אם הוא נדרש תוך כדי עיון ב"ניירות" במטוס.

עיקר תרומתו של המחשב בתעשיה תהיה בתחומי התיכון הממוחשב וברובוטיזציה של הייצור. התיכון הממוחשב יאפשר לייצר מוצרים לפי מידת צריכתם ולא לצרכי מלאי. דבר זה נכון לחלקי מכונות ולמוצרי מתכת אחרים, אך גם לשמלות ולספרים. כיוון שניתן יהיה לגזור בגד בגד באופן מיידי מהבד שיבחר הלקוח, באמצעות תכנית מחשב – לא יהיה צורך להחזיק בחנות מלאי במידות שונות ובגוונים שונים. הבגד אף יוכל "להימדד" באמצעות מערכת לייזר אשר תציג במראה כיצד הוא הולם את הלקוח או הלקוחה ותוך כדי כך תרשום את המידות המדויקות של הלקוח. כך גם לגבי ספרים: ניתן יהיה

לקבל באופן מיידי כל ספר, כשהוא מודפס בגודל אותיות רצוי, עם או בלי תמונות ועל גבי ניר או בדיסק אופטי, מבלי צורך להחזיק מלאי של ספרים, דבר אשר אמור לגרום גם להקטנת העלות של הספר.

המחשב במערכות הלמידה

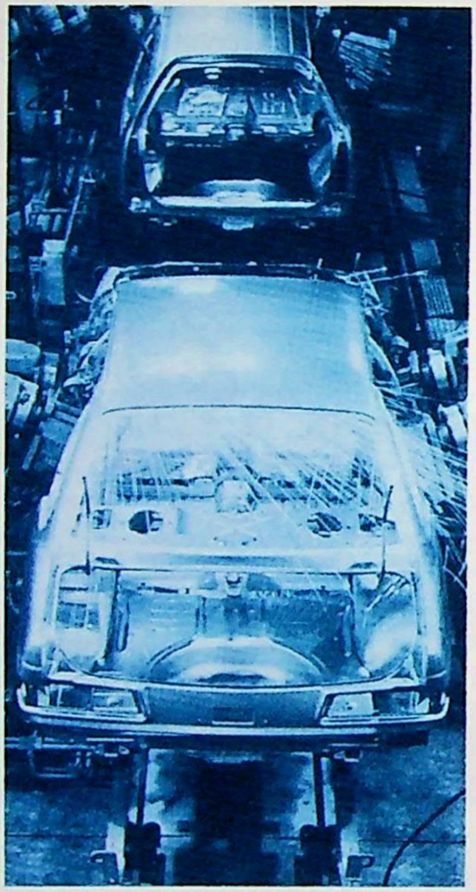
תפקיד מיוחד נועד למחשב ולמערכות מפוקדות-מחשב בתהליכי הלמידה העתידיים. כבר היום אין בתי הספר והאוניברסיטאות יכולים להעביר לתלמידיהם את כל הידע הדרוש לתיפקודם בחיים המקצועיים המודרניים ובקצב הנוכחי של ריבוי הידע בעולם – משימה זו תלך ותכבד. על כן, חלק ניכר מתהליך הקנית הידע יצטרך להתבצע בעתיד בסיוע המחשב. הוא יוכל לדלות את החומר הדרוש מבסיסי המידע שאליו יקושר. הוא יוכל – באמצעות תיכנות נכון – להציג את המידע הזה בדרך המתאימה ללומד והוא אף יהיה בעל הסבלנות הדרושה כדי לבחון אם אמנם קלט הלומד את הידע ויודע להשתמש בו – החל מפעולות כפל ועד ניתוחים מדעיים מסובכים ביותר. מערכות משולבות של מחשבים ווידאודיסקים יוכלו להנחות טכנאי באיתור ותיקון תקלה במכשיר מסובך ולהדריך מכונאי טנקים בתהליך תיקון קלקול במנוע הטנק. מחשבים אישיים מתוכנתים היטב יסייעו לתלמיד ללמוד את חוקי הפיסיקה והכימיה האלמנטריים ולתרגל אותו ביישומם. על פי תחזית אמריקנית, צפוי כי בעתיד כל בעל מקצוע יצטרך לעבור כ־4 תהליכים של הכשרה מחדש בתקופת פעילותו המקצועית כדי להתעדכן בחידושים הטכנולוגיים. רק מערכות ממוחשבות יוכלו לממש את הפעילות ההוראתית הענפה שתידרש לצורך זה במדינה מודרנית.

מפעלי מכוניות באירופה מספקים כבר עתה את המידע הטכני על דגמים חדשים למוסכים המורשים על ידם בצורת תקליטורים (CD) המופעלים במערכת מחשב אישי.

המערכת מציגה על המירקע, בצורה מילולית וגרפית כאחת, את החלקים השונים של המכונית ואת שיטות התחזוקה שלהם, כולל רשימות חלקים ומקורות להזמנתם. חברת Grolier הוציאה את 20 כרכי ה־Academic American Encyclopedia על גבי תקליטור יחיד המכיל את כל 10,000 דפי הטקסט ועוד אינדקס מילות-מפתח. חברות תיירות הפיקו תקליטור המאפשר לקבל מידע על מדינות שונות, אקלימן, דרכי תחבורה, חיבורי חשמל ועוד – למי שמתכנן טיול לארצות לא מוכרות.

מחשבים ברכב ובמערכות התנועה

תחום נוסף שאליו חודר המחשב בקצב מהיר הוא הרכב. מכוניות העתיד – ולמעשה אלה הנמצאות כבר עתה בשלבי תכנון מתקדמים או אף בשלבי ייצור – תתבססנה על מחשבים, הן לתפעול הנכון של המנוע והן לסיוע לנהג. מפה ספרתית על צג ליד הנהג תנחה אותו בדרכו ובסיוע שידורים מנקודת בקרה בכבישים תציג בפניו את הדרך המהירה ביותר ליעדו או – אם ירצה בכך – את הדרך בעלת הנוף היפה ביותר. מצג הנתונים – או "תצוגה עילית" (head-up display) יראה את מצב הדלק, את מהירות הנסיעה, את פעילות המנוע וכל נתון אחר שיידרש לנהג, כמו רשימת בתי המלון הסמוכים. המחשב גם ידאג לווסת את הטמפרטורה בתא הנוסעים, להתאים את המראה למצב הישיבה, לכוון את מקלט הרדיו לתחנה הרצויה על פי שעת היום, לחייג עבור הנהג מספרי טלפון על פי הוראות בדיבור ואף לקבל הודעות בטלפון או בפקסימיליה בעת היעדרו של הנהג מהמכונית ולמסרן עם שובו. מיקרו-מעבד נוסף ישתלב במערכת הבטיחות ואף יתריע על מכונית המתקרבת במהירות גבוהה מדי. יצויין כי מכוניות המבצעות את רוב הפעולות האלה כבר נמצאות בבניה – ואולי אף נוסעות בכבישי ארה"ב – בעת כתיבת שורות אלה. יש הצופים כי בשנת 2000 המערכת האלקטרונית תהווה כ־30% מעלות המכונית.



כאמור, התיקשוב יסייע גם להכוונת התנועה ולהקלת העומס בכבישים וזאת נוסף להורדת העומס הצפויה כתוצאה מריבוי העבודה מהבית. מחושים מסוגים שונים, אשר יותקנו בכבישים ובצמתים, יוכלו להצביע על נפח התנועה ולהעביר מידע למשרדים אשר שידוריהם ייקלטו במרכזי הכוונת התנועה ובמכוניות המתקרבות לאותו איזור. באמצעות תוכנה מתאימה מחשב המכונית יוכל להשוות בין נפחי התנועה במסלולים האפשריים השונים ולהנחות את הנהג בדבר המסלול המהיר ביותר למחוז חפצו.

חומרה ותוכנה

רוב הפעילויות שתוארו כאן, ועוד פעילויות רבות נוספות בתעשיה, במגזר העסקי, במערכי הבריאות ובתחומים אחרים יבוצעו באמצעות מחשבים אישיים או עמדות עבודה אשר תתבססנה בעשור הקרוב על מיקרו מחשבים בעלי עוצמה חזקה, כמו זו של המיקרו מחשב 80386 של אינטל. עם ארכיטקטורה של 32 סיביות ועוצמת חישוב של 4 מיליון הוראות בשניה (4 MIPS) ועם כושר תמסורת של 32 מיליון בתים (bytes) בשניה (השווים ל־20,000 דפים במכונת כתיבה), זהו כלי בעל יכולת אדירה אשר אינה מנוצלת דיה מחוסר תוכנה מתאימה.

אכן, נראה כי התוכנה תהיה הבעיה העיקרית בעשור הקרוב. עם זכרון פנימי לגישה אקראית של 4 גיגהבייט ומהירות פעולה של 16 מגהרץ עומד לרשות התכנתים שדה פעולה נרחב שאותו יהיה עליהם לכסות במערכות תוכנה ישימות וידידותיות, אותן יוכלו להפעיל עשרות מליוני בעלי המחשבים האישיים ומפעילי עמדות העבודה של שנת 2000. לצורך זה יצטרכו לרתום לעזרתם את ההתפתחויות בתחום הבינה המלאכותית, את כל התורות הקוגניטיביות שפותחו עד כה וגם התפתחויות טכנולוגיות נוספות, כגון הפעלה קולית של המחשב. התחזיות ביחס לזמן שיידרש עד אשר יעמדו לרשות מחשבי 80386 מערכות תוכנה יעילות נעות בין 5 לבין 10 שנים.

תסריט המיחשוב בישראל

תסריט "עתידני" זה נכון לגבי מדינת ישראל כמו לגבי המדינות המפותחות האחרות בעולם – אך בהפרש של מספר שנים. כשם שעברו מספר שנים מחדירת המחשב האישי לבית האמריקני ועד הגיעו לבית הישראלי, כך גם צפוי כי מערכות ממוחשבות אחרות תתבססנה קודם בארה"ב ובמדינות אירופאיות לפני שתיכנסנה לבתינו ולאורח חיינו. עובדה זו נותנת יתרון למדינת ישראל. ניתנת לנו השהות להתכונן ולהתארגן לקראת השלב הבא במיחשוב, תוך בחינת משמעויותיו לכלכלה ולחברה. ראוי שאדריכלים יתנו כבר היום את דעתם למשמעויות הארכיטקטוניות של "בית ממוחשב" וכי המחוקק יתחיל כבר היום לבחון אילו חוקים דרושים לעידן העבודה מהבית. חיוני שאנשי הוראה יבחנו כבר עתה את שיטות ההוראה המתאימות ללימוד "רב-תקשורתי" (hyper-media), שעיקרו יתבצע מחוץ לכתלי בתי האולפנא, ויתחילו כבר עתה להכשיר את כותבי תכניות הלימוד ומנחי התלמידים. ראוי גם שאלה הממונים על הקמת התשתית יתנו דעתם לאמצעי התקשורת שיידרשו בעוד מספר שנים, ויאפשרו לנו לקדם עידן זה עם תשתית תקשורתית מתאימה. אנו נמצאים עדיין בראשיתו של עידן המידע ורובו ככולו עדיין לפנינו. ניתנה בידינו האפשרות לצפות אצל אחרים כיצד מתפתח השלב הבא ולהכין עצמנו לקראתו. אל נחמיץ הזדמנות זו.

המחשבים בעוד 10 שנים–תחזית

הבל"ד (תרגם ותמצת) אשר יובל

G.C. fox, P.C. Messina Advanced Computer Architectures. Scientific American, October 1987

ארכיטקטורת המחשבים העתידית תתבסס בדגש גובר והולך על עיבוד מקבילי (Parallel Processing (PP). תשע נשים בחודש אחד של הריון, בדיוק כך!

העיבוד המקבילי יכול להיעשות בעקרון בשתי קטגוריות:

א. הגברת העיבוד המקבילי בתוך מעבד יחיד. יותר ויותר מעגלים (פונקציות) פעילים בו־זמנית בתוך מעבד אחד.

ב. מספר מעבדים רב הפועלים במקביל.

בקטגוריה הראשונה, שפירושה בעצם האצת מהירות מעבד יחיד, ישנם פתרונות "קלאסיים" וידועים והם:

– שיפור הגישה לזכרון ע"י Interleaved Memory.

– טכניקת ה־Pipeline היינו, חלוקת ה־CPU לתחנות עבודה מתמחות, הפעולות במקביל, בדומה לקו־ייצור של מכוניות.

שימושים מתקדמים בטכניקות אלו נמצאים במכונות לעיבודים וקטוריאלים וכן במכונות VLIW (Very Long Instruction Word), היינו מכונות השולפות מילה ארוכה מהזכרון, המכילה מספר רב של פקודות (היום עד 10 פקודות ובעתיד כמה מאות) ומנתבות את הפקודות לתחנות מתמחות (חלקן גם תחנות משוכפלות) המבצעות את הפקודות במקביל, לא לפני שנבדקה אי התלות בין הפקודות.

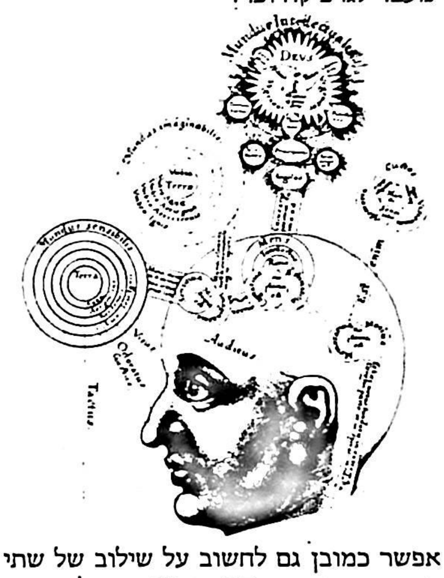
אך בסופו של דבר חוזרת ונשאלת השאלה: מה מהירותו המירבית של מעבד יחיד? ובכן, תיאורטית לא יותר ממספר מיליארדי פעולות בשניה (1000–3000 MIPS), זאת פשוט משום שמהירות התפשטות האור בואקום היא 9 אינטש (כ־23 ס"מ) בננו־שניה אחת. ואם בפיסיקה של חלקיקים אלמנטריים מדברים על תהליכי חישוב שבכל צעד יש לחשב 100 מיליון ערכים... הרי שעיבוד מקבילי מהקטגוריה השניה היינו, מספר מעבדים רב הפועל במקביל, הוא נחוץ וחיוני.

וכאן נשאלות שאלות יסוד: כמה מעבדים? מה מידת עוצמתם ותיחכומם? איך ייבנה הקשר ביניהם? האם המעבדים יהיו הומוגניים או הטרוגניים (מעבדים מתמחים)?

לפני מתן תשובה מפורטת דבר אחד ברור, ישנו יחס גומלין (Trade-Off) בין תיחכום המעבדים לתיחכום הרשת המחברת ביניהם. ככל שהמעבד הבודד מתוחכם יותר, הצורך ברשת יורד.

ארכיטקטורה אחת ל־PP עם מעבדים רבים נקראת Domain-Decomposition (DD) והיא מתבססת על פירוק הבעיה ל־"פתרונות קטנים" וחלוקתם לביצוע בין מספר מעבדים **הומוגניים**. ארכיטקטורה זו דורשת רשת תקשורת (בין המעבדים) פשוטה יחסית, כגון תקשורת מסוג "השכן הקרוב" היינו, כל מעבד משוחח רק עם מעבד סמוך לו. זו היא תקשורת בשיטה הדומה לטבעת. ארכיטקטורה זו טובה לבעיות מסוג אלו של הפיסיקה של חלקיקים אלמנטריים, מקום שניתן לעבד קטעים מתוך בסיס נתונים ענק.

ארכיטקטורה אחרת נקראת Functional–Decomposition (FD), היינו פירוק הבעיה ל־"תת־בעיות" שונות ופתרון כל "תת־בעיה" ע"י מעבד אחר. ארכיטקטורה זו מתבססת על מעבדים מתמחים **הטרוגניים**. יישום "קלאסי" ומקובל ל־FD הוא מכונה עם מעבד ראשי כללי (General Purpose) ולצידו מעבד לנקודה־צפה, מעבד לניהול בסיס הנתונים, מעבד לגרפיקה וכו'.



אפשר כמובן גם לחשוב על שילוב של שתי הארכיטקטורות, DD ו־FD. בעולם נבנו אמנם מספר מחשבים בארכיטקטורת FD ביישום ה־"קלאסי" הנ"ל, אך בסה"כ לא זכתה ארכיטקטורת ה־FD לתפוצה נרחבת, במיוחד לא בעולם המסחרי. לפיכך ביתרת המאמר נתייחס בעיקר לארכיטקטורה של ריבוי מעבדים הומוגניים (DD).

לארכיטקטורה זו (DD עם מחשבים הומוגניים) יש שתי צורות יישום שונות:

MIMD (Multiple-Instruction-Stream/Multiple-Data-Stream)

SIMD (Single-Instruction-Stream/Multiple-Data-Stream)

מקור ההבדל ביניהן הוא בתשובה לשאלה הבסיסית: כיצד יודע כל מעבד אילו פקודות לבצע? בשיטת ה־MIMD (ריבוי תכניות וריבוי נתונים) נחלק הקוד למספר קטעים שונים (משימות) ומחולק בין המעבדים. הנתונים לעומת זאת הם משותפים. כל מעבד מבצע את קטע הקוד שלו כמעט באופן עצמאי.

בשיטת ה־SIMD (קוד אחד וריבוי נתונים) לעומת זאת, אותה תוכנה מחולקת בין כל המעבדים ובכל רגע או שמעבד מסויים מבצע בדיוק את מה שמבצעים המעבדים האחרים או שהוא פשוט לא פועל. שיטת ה־SIMD דומה למשחק בינגו בו מנחה המשחק מחלק את אותה ההוראה לכל המשתתפים ("בדוק אם המספר שהוכרז מופיע בכרטיס שלך") ואלו מצדם מבצעים פעולה דומה ("סמן את המספר אם מופיע בכרטיס, אם לא אל תעשה דבר"). אנלוגיה זו גם ממחישה את רעיון הזכרון המקומי שליד כל מעבד, בדומה לכרטיס הפרטי של כל משתתף בבינגו. יישומים רבים נתגלו כמתאימים לארכיטקטורת ה־SIMD, ביניהם יישומי הפיסיקה של החלקיקים האלמנטריים (הכפלת מטריצות!). בעולם נבנו כבר מספר מכונות SIMD, כולל כאלו עם מספר רב יותר של מעבדים:

Goodyear Massively Parallel Processor עם 16,384 מעבדים

The Connection Machine עם 65,536 מעבדים.

נושא קישור המעבדים בינם לבין עצמם ובינם לזכרון המרכזי הוא אחד הנושאים המרכזיים בארכיטקטורה של עיבוד מקבילי.

לפי שיטה אחת כל המעבדים קשורים לזכרון המרכזי, באמצעות BUS למשל, כולם קוראים וכותבים לאותו זכרון. לשיטה זו יתרון ברור בכך שכולם נגישים לכל הנתונים, אך גם קשיים רבים. קושי ראשון הוא בצורך בבקרה מורכבת המיושמת ברובה בתוכנה (הסיוע מהחומרה הוא מוגבל). קושי שני נבע מכך ששיטה זו דורשת הרבה מאד חיבורים (לקישור 1000 מעבדים עם 1000 יחידות זכרון נדרשים מיליון חיבורים), דבר שהוא יקר ומסובך לבניה, או לחילופין דורש BUS מהיר ביותר. אם מאידך מיישמים חיבור בצורת רשת עם מיתוג (דומה בעקרון לרשת הטלפונים, למשל), נוצרת הבעיה של זמן שהיה ארוך (latency).

השיטה העקרונית השניה היא הקלה בסיסית על התקשורת בין המעבדים ובינם לזכרון המרכזי ע"י הוספת זכרון מקומי לכל מעבד. עדיין יש צורך ברשת תקשורת לצורך העברת קטעי תוכנה ונתונים בין מעבדים, אך הארכיטקטורה היא שונה: לא הכל מחובר לכל. דוגמאות לרשתות המחברות מעבדים בעלי זכרון מקומי הן:

– רשת טבעת, כל מעבד מחובר לשני מעבדים "סמוכים".

– רשת MESH, כל מעבד מחובר לארבעה

מעבדים "סמוכים".
לשתי שיטות אלו יתרון רב בפשטותן אך גם חסרון ברור במקרים של העברות מידע "מקצה לקצה" (חצי הרשת במקרה של טבעת, למשל).

אפשרות אחרת היא חיבור בצורה של "קוביה במימד N" (Hypercube). בצורה זו אפשר לחבר "2 בחזקת N" מעבדים כאשר המסלול הארוך ביותר "מקצה אל קצה" עובר דרך מספר תחנות השווה ל-"לוג N על בסיס 2". לדוגמה, במערכת עם 65536 מעבדים יהיה מספר התחנות המירבי 4 (N=16). מערכת עם N=12, היינו עם 4096 מעבדים, המחוברת בשיטה זו כבר קיימת ופועלת.

אפשרית גם שיטה שלישית המשלבת את שתי השיטות הנ"ל. מספר מעבדים היוצרים "אשכול" מחוברים בשיטה הראשונה ואילו הקשר בין האשכולות הוא בשיטה השניה.

המשותף לכל הארכיטקטורות הנ"ל הוא המחשב בצורתו המוכרת לנו היום, היינו מכונה הפועלת בשיטת "זרימת הוראות" (או "זרימת עבודה"). כלומר, ישנו קטע מוגדר וברור של "פקודות מכונה" שהוא עצמו תרגום של "פקודות התוכניתן", המורה למכונה בדיוק מה, מתי ובאיזה סדר לבצע פעולות מיחשוב.
עיבוד מקבילי מאפשר לנו לדמיין ארכיטקטורות שונות בתכלית, כגון זו של "זרימת מידע" (Data Flow). במרכזה של ארכיטקטורה זו עומד הרעיון, הלקוח מתורת הגרפים, לפיו כל מעבד (צומת) מייצג פונקציה מתמטית/לוגית מסויימת והחיבורים בין המעבדים מייצגים מידע הזורם בין הפונקציות. תוצאה של חישוב X המתבצע על מעבד A מהווה קלט לחישוב Y המתבצע על מעבד B. מעבד מבצע פעולה כלשהי לא לפי סדר קבוע מראש אלא רק ברגע שמגיע אליו כל הקלט הדרוש לביצוע הפעולה עליה הוא מופקד. הפעולה מתבצעת והתוצאה מועברת למעבד הבא. ארכיטקטורה זו מאפשרת עיבוד מקבילי ללא פעולות סינכרוניזציה מורכבות וללא התנגשויות בזכרון וברשת התקשורת המחברת את המעבדים.
ארכיטקטורה דומה אך שונה במקצת היא הארכיטקטורה של "זרימה-לפי-דרישה" (demand-driven) לפיה פעולה מתבצעת במעבד רק כאשר מעבד אחר "דורש" את תוצאת העיבוד הזה. בצורה כזו נחסכות הרבה פעולות, אך מאידך ישנו "קנס" בזמן השהיה הנובע מהזמן שלוקח למעבד ה"דורש" להעביר את הדרישה ברשת (זמן החישוב עצמו וזמן העברת התוצאה אינם כלולים בזמן ההשהיה!).
ארכיטקטורות "זרימת המידע" הן חדשניות ביותר ונמצאות בשלבי מחקר וניסוי ראשוניים, אך יש כבר הטוענים שבארכיטקטורות אלו קל ופשוט יותר לתכנת והתכניות הן אמינות יותר!
לצד הארכיטקטורות השונות יש לזכור את **הטכנולוגיות** המתקדמות אשר מהוות את התשתית והבסיס ליישום הארכיטקטורות ולעיתים אף נותנות את **הרעיונות** לארכיטקטורות אלו. בין טכנולוגיות אלו ראוי לציין את השיפורים שעדיין צפויים בטכנולוגית ה-Semiconductors ואת טכנולוגית ה-Superconductors שבימים אלו ממש חלים בה שיפורים וחידושים מפליגים, בעיקר בתחום העלאת הטמפרטורה המינימלית הדרושה לפעולתם. גם לטכנולוגית האופטיקה עוד צפויה השפעה נרחבת, החל מחיבור מהיר ואמין בין מעבדים דיגיטליים מוכרים (חדר מחשב מבוזר) וכלה ב-"מחשבים אופטיים" המאפשרים חישובים אנלוגיים מהירים ביותר.

לסיכום: למרות שקשה מאד לצפות מתי ייכנס עיבוד מקבילי לפעולה ממשית, בכמה הוא יהיה יעיל מעיבוד סידרתי ואיזו ארכיטקטורה בדיוק תצלח, אפשר לנבא בסבירות גבוהה שהעתיד שייך לארכיטקטורת העיבוד המקבילי. עקב אכילס הוא כמובן נושא ה...תוכנה. כל התוכנה הקיימת היום כתובה לעיבוד סידרתי. שלושים שנים של תיכנות הולידו כמות אדירה של תוכנה אותה נצטרך לשכתב או להסב לעיבוד מקבילי. חמור מכך שרוב המאמץ מופנה למחקר בחומרה ובתקשורת של עיבוד מקבילי ואין במקביל שום מחקר והתנסות רציניים בצד של התוכנה לארכיטקטורות אלו.

מצטיינים



המצטיינים, הסמנים הימניים ופורצי הדרך במיחשוב ובענ"א

עמירם שור מנכ"ל חברת מ.ל.ל. תעשיות תוכנה ומחשבים בע"מ

פתח דבר

כאשר נתבקשתי לסקור ולכתוב על המצטיינים בתעשיית המחשבים וענ"א, על יחידים, מפעלים ומוצרים, שהיו פורצי דרך והביאו תרומה או מוצר יוצאי דופן הראויים לציון לשבח במהלך ההיסטוריה של המחשבים, התוכנה וענ"א בישראל, היססתי לתת את הסכמתי המיידית וביקשתי לחשוב על כך בטרם אקח על עצמי מטלה כזו.

היססתי משום האחריות הקשורה באיתור וזיהוי המצטיינים, אמות המידה לבחירתם ובסופו של דבר, כל קריטריון שאקבע לא ישחרר אותי מסובייקטיביות מסוימת ביחס למעשים שנעשו בידי אחרים במהלך השנים.

כאחד שנמנה על דור המייסדים של תעשיית האינפורמציה והתוכנה בישראל, כאחד שגאה בעיסוקיו, מעשיו ותרומתו לניהול המתקדם במהלך דור שלם, לא יכולתי שלא לנצל את ההזדמנות שניתנה לי ולו רק כדי להאיר את ההצלחות הקיימות בזרקורי המעשים הגדולים שנעשו על ידי בודדים וקבוצות, שטומנים בחובם פוטנציאל ענק לביסוסה הטכנולוגי, הכלכלי והחברתי של מדינת ישראל. הארה שכזו שבבוא העת, בחגיגות היובל או המאה של מדינת ישראל העצמאית, תיזכר תרומתם של המייסדים והכל ידעו שההתחלות היו קשות וצנועות, אך מהם ובזכותם היגענו עד הלום.

יתכן ועדיין לא נבנו הטפחות, אך יש לישראל יסודות איתנים שניתן יהיה לבנות עליהם מנופי ענק שיהפכו את ישראל למרכז עולמי של מחקר, פיתוח וייצור של מערכות חומרה, תוכנה, מערכות מידע, מאגרי מידע וידע לעולם כולו.

סקירתי על המצטיינים באה לתת ביטוי לסיכוי הגדול שיש לנו ושאין להחמיצו.

במהלך המחקר הפרטי שעשיתי, כדי להוליך עצמי באמת אל אותם שעשו היסטוריה, גיליתי שהנסתר והבלתי ידוע על הנעשה בשטח, גדול ורב מהנגלה, עובדה שהביאתני להחלטה שאין ברירה, חייבים להתרכז בכל זאת במעשים הגדולים באמת ולנסות להביא מידגם מייצג מהתחומים השונים של הסמנים הימניים ופורצי הדרך האמיתיים בתחומם, במהלך 40 שנות עצמאותה של מדינת ישראל.

יתכן מאד ויהיו כאלה שיחשבו שחלקם קופח ויהיו כאלה שהרגשתם תהיה שלא על כולם נכתב, אך זאת עליכם לדעת, הכל נעשה ונכתב בתום לב ורק ביחס לקבוצה מידגמית קטנה שיש בה כדי לשפוך אור על מקבץ מייצג, מתוך רבים אחרים שהיו ראויים להיכלל בסקירה זו.

אלביט בע"מ

אלביט נמנית על קבוצת אלרון תעשיות אלקטרוניקה בע"מ ונחשבת לבכירה והחשובה מבין חברות הקבוצה.

קבוצת אלרון ואלביט בתוכה, קשורים קשר אמיץ ובל יינתק עם השם עוזיה גליל, יזם וחלוץ תעשיית האלקטרוניקה המתוחכמת בישראל, איש רב־פעלים שלזכותו נזקפים רבים מהישגיה של ישראל בענף האלקטרוניקה והמחשבים.

אלרון היא אחת החברות הישראליות הרב־לאומיות החשובות לא רק בקנה מידה ישראלי, אלא יש לה מעמד מיוחד גם בקהילה התעשייתית המקצועית הבינלאומית.

קבוצת אלרון, שהיא חברת אחזקות למספר גדל והולך של חברות תעשייתיות העוסקות במחקר, פיתוח וייצור של מוצרים מתוחכמים מבוססי מחשבים ותוכנה, תחבוק פעילות עסקית בהיקף של 420 מיליון דולר בשנת 1988, שנה בה ימלאו לה 25. קבוצת אלרון ומפעליה, מובילה את תעשיית המוצרים האלקטרוניים מבוססי מחשבים למערכת הבטחון, איבחון רפואי, תקשורת, אינטליגנציה מלאכותית ועוד.

הנהלת אלרון ומנהליה הם דוגמה מוחשית לשילוב מוצלח הראוי לחיקוי של רוח יזמים ויוזמה, ידע מקצועי ונסיון ניהולי ופיננסי הדרושים להקמה, ניהול ותמיכה במשפחת חברות תעשייתיות עתירות ידע המעסיקות כ־4700 עובדים.

אלביט כיום, מתכננת, מפתחת, מיצרת, משווקת ונותנת שירות לשורה ארוכה של מוצרים ומערכות אלקטרוניות מתקדמות, לעיתים קרובות, כאלה שהוכחו בשדה הקרב והמיועדים לשימושים צבאיים בתחומי האויר, הים והיבשה.

מוצריה הצבאיים העיקריים של החברה הם מערכות מוטסות לניווט ולכינון חימוש, מערכות בקרת אש לטנקים, מערכות פיקוד, בקרה ותקשורת וכן מאמנים ודמיינים הקשורים אליהם. מוצרי אלביט נמצאים בשירותו של צבא ההגנה לישראל וכן בשירות הצבאות של מספר מדינות אחרות.

מוצרי החברה משולבים בפלטפורמות מתקדמות חדשות ומשמשים גם לשיפור האיכות ולהארכת אורך החיים המבצעי של מערכות נשק קיימות.

באמצעות חברות בת, מספקת החברה מיגוון של מוצרים ושירותי מחשב אזרחיים, לוחות מעגלים מודפסים וציוד ייחודי להדמאה אינפרא־אדומה, לרבות רדיומטרים.

כדי לעמוד מקרוב על היחוד ופריצות הדרך שהיו לאלביט, נסעתי להיפגש עם עוזיה גליל, יו"ר מועצת המנהלים של קבוצת אלרון ואלביט. בפאתי חיפה, בפארק התעשייתי, שוכנים משרדי ההנהלה ומתקני המו"פ של אלרון ואלביט. לחברה אתרים אחרים נוספים בישראל. הפארק החיפאי הוא משב רוח רענן בכל הקשור לאיכות הסביבה והחיים והוא מזכיר את הפארקים בנוסח עמק הסיליקון. בנין המשרדים והמעבדות של אלרון אלביט, הוא היפה והמהודר שבבנייני הפארק. העבודה במתקני אלביט שבפארק התעשייתי מאפשרת אוירה נעימה ונוחה, יש בה כדי ליצור אוירת רוגע והשראה לאנשים יצירתיים, תנאים וסביבה המהווים חידוש בענף התעשיה הישראלי.

עבורי פגישה עם עוזיה היא תמיד בעלת ערך וחיוניות. זכורות לי פגישות וישיבות משותפות בועדות שונות, כאשר עוזיה תמיד ישב בראשן, כבר בראשית שנות הששים. האיש ידע על מה הוא שח ומה צריך לעשות כדי לקדם את נשאי המיחשוב ותעשיית המחשבים בישראל. מצאתיו גם היום, שופע רעינות וחיוניות, איש שלא נס ליחו ורעיונותיו ומחשבותיו נתונים עדיין לעוד ועוד רעיונות, מפעלים ויצירות תעשייתיות לרווחת החברה, האדם היוצר וכלכלת ישראל.

בחרתי באלביט על ההצטיינות, היוזמות, היצירתיות, החזון, פריצות הדרך הטכנולוגיות, ההתמדה, ההישגים והאמונה והתקוה הגדולה ביכולתה של מדינת ישראל להקים, לפתח ולייצר מוצרי טכנולוגיה מתקדמת, מבוססת על מחשבים אלקטרוניים ולהיהפך לגורם בעל משמעות בתעשיה העולמית בתחום תעשיות ההיי־טק, דבר שיהפוך את ישראל לאבן שואבת להצטרפותם של ישראלים ויהודים מכל קצוות הגולה, לתת יד לבניית העוצמה הכלכלית, הטכנולוגית והחברתית של מדינת ישראל.

אלביט נוסדה בשנת 1967 ומהווה ציון דרך בתעשיית המחשבים הישראלית. אלביט היתה הראשונה לתכנן, לפתח ולייצר מיני מחשב מתוצרת ישראל "האלביט 100". אמנם קדם למחשבי אלביט מחשב "הגולם" שתוכנן ונבנה במכון ויצמן למדע, אך הוא מעולם לא הגיע לשלב של ייצור מסחרי והוא היה שייך למשפחת המחשבים המרכזיים.

מחשבי אלביט היו ראשונים בעולם בתחום המיני מחשבים, לידתם הקדימה את העולם. היתה דרושה מידה רבה של העזה כדי לקרוא תגר על טכנולוגית המחשבים המרכזיים. האלביט 100 היה מיני מחשב שמבחינה טכנולוגית היווה פריצת דרך בקנה מידה עולמי, היתה בלידתו גם בשורה מבחינת יחס

התפוקה לעלות של מחשבים שנודעו באותה תקופה בעולם.

"האלביט 100" הפך מאוחר יותר ל"סיסטם 17", למחשבי "הואלידאטה" לרישום וקליטת נתונים ול"פאקטים די.אי" ו"די.אס". בסה"כ יוצרו ונמכרו אלפי מיני מחשבים בעשרות מיליוני דולרים מתוצרת אלביט, בישראל וברחבי העולם. בכל זאת, למרות הראשוניות ופריצת הדרך, מחשבי אלביט היו אפיזודה חולפת ואלביט ויתרה על מקומה לאחרים ובראשם לחברה המובילה היום את טכנולוגיית המיני מחשבים "דיגיטל", שאז בתחילת הדרך, היתה ינוקא בחיתוליו, העוקב בדאגה לא מעטה אחרי מהלכיה ומוצריה של אלביט.

יהודה שנהר שהיה ראש פרויקט המחשבים באלביט, עם כל ראייתו המפוכחת בתחום הטכנולוגיה, לא ידע יחד עם קברניטי אלביט האחרים, לנצל את ההצלחה הטכנולוגית מבחינה מסחרית. אולי היה זה השיעור הראשון לנאיביות השיווקית. לא די לייצר טכנולוגיה ומוצרים, יש להביאם אל השווקים, אל היישומים, אל הקונים שיוכיחו בעליל את יתרונם הטכנולוגי והמחוייבות להמשך הפיתוח בעתיד.

בראשית דרכה החזיקו באלביט כבעלי מניות, אלרון ומשרד הבטחון. המחשבה מאחורי השותפות הזו היתה לרכז פעילות של מו"פ וייצור, בו תשתלב גם הרשות לפיתוח אמצעי לחימה (רפא"ל), דבר שיאפשר פיתוח תעשייתי של מוצרים אזרחיים על בסיס המו"פ של רפא"ל, שמטרתו העיקרית לספק את צרכי בטחונה של ישראל.

כאשר היה ברור לכולם שלא די במוצר ושבייצור המיני מחשב יש כדי קריאת תגר על יצרני המחשבים הגדולים, נעשה השידוך בין חברת קונטרול דאטה (סי.די.סי.), חברת מחשבים אמריקנית רב-לאומית, שהיתה אז בשיא פריחתה הטכנולוגית והעסקית. דוד פמלינט, ישראלי, שלימים נתמנה לסגן נשיא חברת סי.די.סי. בישראל, יחד עם נפתלי רז, שייצג את האינטרסים של סי.די.סי. בישראל, פנו לישעיהו לביא, אז מנכ"ל משרד הבטחון, והציעו לו, כבעל מניות, את שיתופה של סי.די.סי., באלביט. סי.די.סי., רכשה את מניות משרד הבטחון והיתה לחברה הרב-לאומית הראשונה שהיתה מעורבת בתעשיה הישראלית.

שיקולה המרכזי של סי.די.סי. לרכישת מניות אלביט, היה קשור בעניין שהיא מצאה בשוק הישראלי כפוטנציאל למוצריה. מעמדה של אלביט בשוק הישראלי נראה לה גשר מוצק לחדירתה לשוק הישראלי. במהלך השותפות העסקית למדה סי.די.סי. שאלביט יותר משהיא גשר לשוק הישראלי, היא עשויה להביא לה חדשנות טכנולוגית רעיונית וגשר למוצרי העתיד שלה. סיבה זו הפכה ברבות הימים ל"מימשק" העיקרי שבין אלביט לסי.די.סי. חיי השותפות בין שתי החברות אלביט וסי.די.סי. נמשכו עשר שנים, שני השותפים יצאו נשכרים מהשותפות אך לא הגשימו את מאוייהם וחלומם. סי.די.סי. לא הצליחה להפוך את שיווק מחשבי אלביט לסיפור הצלחה עולמי והשוק הישראלי היה קטן עליה.

סי.די.סי. פרשה עם רווח הון כספי נאה, כאשר רכושה הגדול יותר היה הטכנולוגיה שהיא למדה ולקחה לעצמה מאלביט ואילו אלביט רכשה נסיון וידע בכל הקשור לנושאים הקשורים בתהליכי הייצור, ערכים ונושאים שישמשו אותה לאחר מכן ויביאוה להישגים רבים וחשובים במוצרי העתיד שלה: עקרונות של אבטחת איכות, ניהול ייצור, דיסציפלינה תעשייתית מה היא ופרק חשוב בהילכות שיווק.

בשנת 1980 מפתיעה אלביט שנית, כאשר היא משלימה מו"פ וייצור של מחשב מרכזי ה"ענת", מחשב תואם ראשון מסוגו בעולם, למחשביה המרכזיים של י.ב.מ. גם הפעם היא יחד עם חברה רב לאומית בשיווק המחשבים. חברת "ניקסדורף" הגרמנית רואה ב"ענת" מוצר משלים לקו מוצריה באותה עת, וחותמת על הסכם שיווקי "OEM". מכירות בהיקף של כמה עשרות מיליוני דולרים מהווים את הסיכום גם למוצר המחשבים השני, שלא זכה להגיע למקומם של האחרים שהצליחו, אלה שבאו אחרי אלביט ובמקומה – "אמדל", "נאס" ואחרים.

ההצלחות המוגבלות מבחינה עסקית בייצור המחשבים של אלביט, מביאים את אלביט לפרשת דרכים, לחשיבה מחדש על דרכה בעתיד.

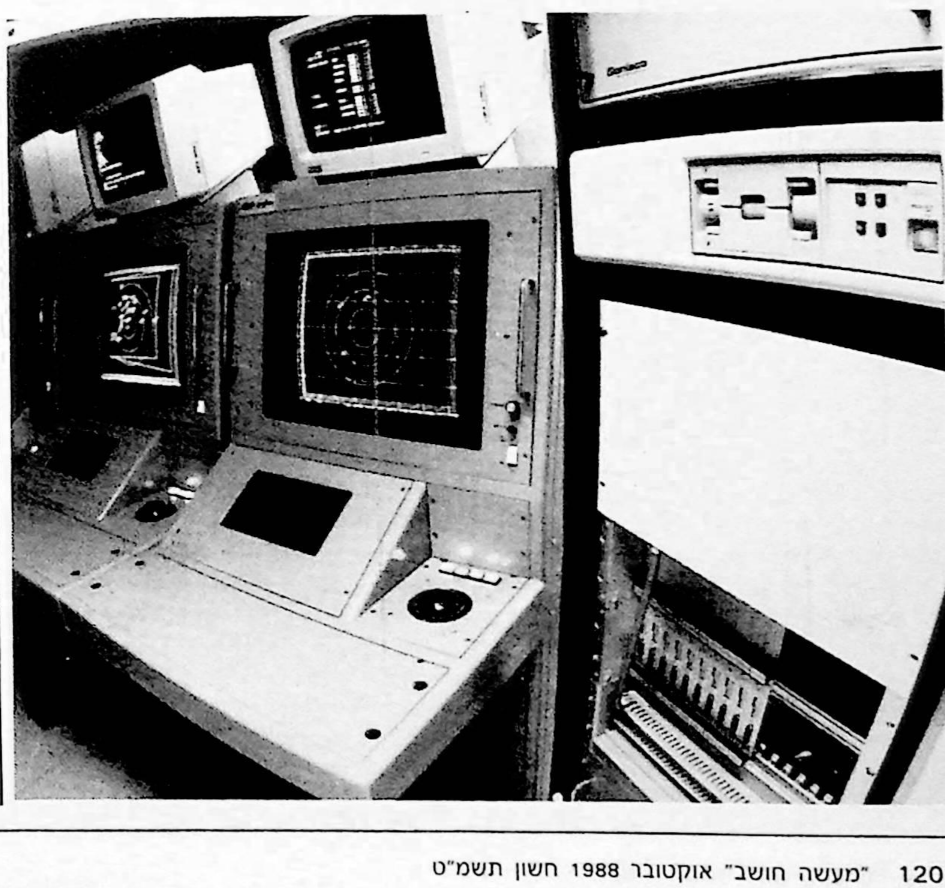
אלביט מגיעה למסקנה החשובה והיחידה בנסיבות ההן, החלטה המשנה את דרך חשיבתה והמשך פעילותה בתחום מוצרי ההיי-טק. יצרן שאינו שולט גם בפונקציית השיווק ואין לו את ההיזון החוזר מהשדה, עשוי לאבד מוקדם או מאוחר יותר את התוחלת לחיי מוצרים והוא עשוי למצוא עצמו בחוץ.

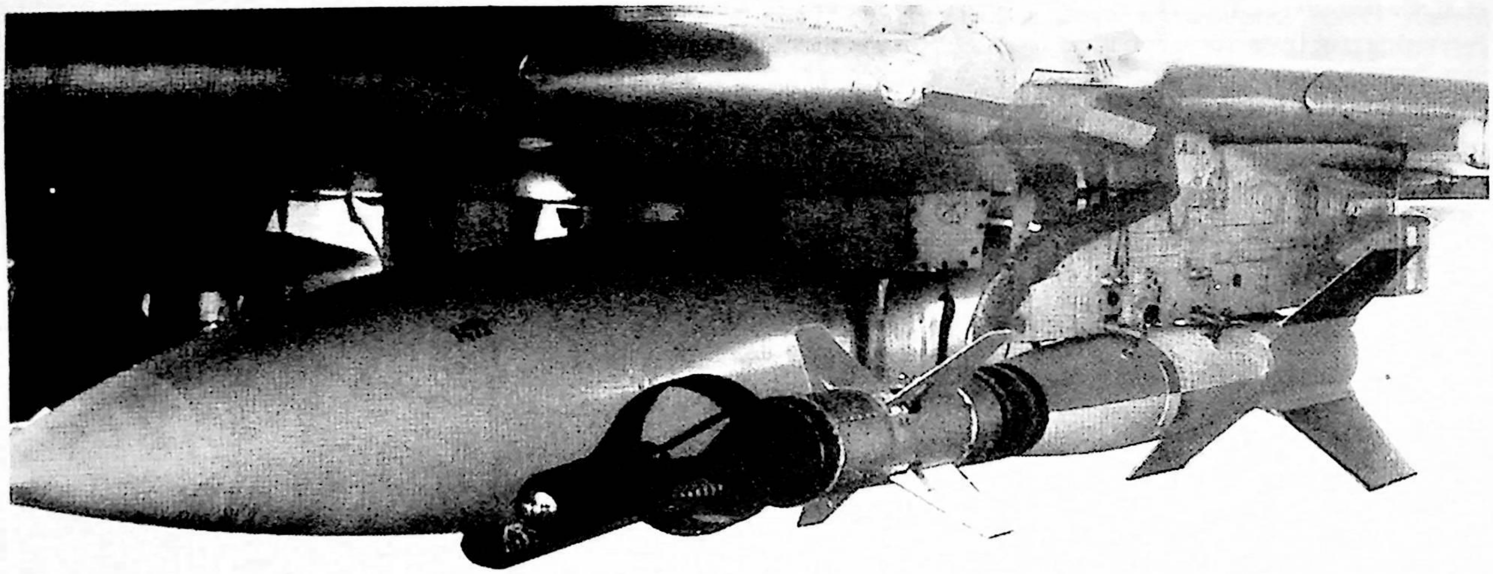
עוזיה גליל אינו מצטער על דרכה של אלביט, לדעתו אלה רק שגיאות מחוייבות המציאות ומנת חלקם של חלוצים מקדימי עולם. בסה"כ אלביט לא הפכה את פיתוח המחשבים להצלחה מסחרית, אך גם לא הפסידה כספים. שלבים אלה בהתפתחותה העסקית, ההנדסית והייצורית של אלביט היו חשובים כדי להגיע למקומה היום, הדיסציפלינות התעשייתיות שהיא קנתה לעצמה ורכשה לאנשיה במהלך ייצור המחשבים, לא יסולאו בפז ולא ניתן היה לרכשם בכל דרך אחרת.

עוזיה גליל מודה שהכיוון בפיתוח ה"ענת" היה נועז והקדים את העולם, אך היתה טעות בכיוון, אלביט היתה צריכה ויכולה לפתח את המחשבים האישיים במקום ללכת לכיוון המחשבים המרכזיים, ומי יודע לאיזה הצלחות עסקיות היא היתה זוכה אז.

עוזיה גליל בטוח, שפיתוח המיני מחשבים וגם מחשבי הענת, נתנו תרומה יוצאת מן הכלל לתעשיה בישראל והיצוא, בסכומים לא מבוטלים, הוכיח כי בישראל ניתן לפתח מוצרים עתירי ידע מהשורה הראשונה ולהתמודד בכך עם גדולי היצרנים בעולם.

לאלביט היה זה הטרקלין אל תעשיות ומוצרי העתיד של קבוצת אלרון בכלל ושל אלביט בפרט. אלביט החליטה להתרכז במוצרים בטחוניים בתחומים שונים, מוצרים מבוססי מחשבים שיהנו מהגישה והדרישות של הלקוח הישראלי ויאפשרו מוצרים בעלי רמה





OPHER

ותחרות שלא יהיו להם מתחרים בעולם. אלביט פיתחה סימולטורים לחילות הים המבוססים על מחשביה. עשרות סימולטורים כאלה פועלים בצבאות העולם ובישראל, כאשר עלות כל מיתקן כזה מסתכמת בסכום של 7 מיליון דולר. אלביט מובילה בתחום המחשבים באווירונאוטיקה בעולם, מערכות המשמשות בכפיר והיו בליבן של מערכות הלביא. כך הדבר ביחס למיתקני בקרת אש בטנקים (שיתוף פעולה בין אלביט לחברת אל־אופ, שהביא את המערכות הסיפרתיות הראשונות בעולם לבקרת אש), מערכות הנחיה חכמות לפצצות, מערכות ומחשבים של זמן אמת בתחומים שונים ועוד. 60% מתוצרתה של אלביט כיום מוצאים דרכם אל שוקי העולם ויתרת ה־40% נמכרים למערכת הבטחון בישראל.

מאז הוקמו אלרון ואלביט, הקימה אלרון מפעלים עתירי ידע נוספים בתחומים שונים, כאשר כל מפעל בדרכו שלו ובתחום התמחותו מביא מוצרים ובשורות טכנולוגיות שיש בהם חידושים בקנה מידה עולמי, ועדיין קבוצת אלרון מרגישה עצמה רק בראשית הדרך.

שאלתי את עוזיה גליל ו"מה הלאה"? "מה עדיין מריץ אותך ולאן מועדות פניך"? תשובתו של עוזיה לא אחרה לבוא, החלטי, בוטח בעצמו ובעתידה הטכנולוגי של קבוצת אלרון וישראל, הוא מבטא את דעותיו והשקפותיו, אך לא לפני שהוא מביע כמה מלקחיו החשובים שעתידים להיות סימני דרך גם לאחרים בתעשיה: התעשיה בישראל צמחה ותמשיך לצמוח ברוב המקרים בלי התשתית הדרושה לכך, מגבלות הון וחוסר הערכה נכונה להשקעות ולהוצאות הנדרשות להקמת מערך שיווק, מעבר לפיתוח המוצר. יחד עם זאת, עוזיה משוכנע שאילו באלביט ואלרון היו מודעים למה שנדרש, לא היתה קמה אלביט. אילו הכל בארץ היו ממתינים לתשתית מתאימה, לא היה סיכוי להקמתה של תעשיה בישראל.

גורם בעל חשיבות עליונה הוא הקשר הבלתי אמצעי של התעשיה ללקוחות בישראל. הלקוח בישראל פתוח לחדשנות, הוא משתף פעולה בהיזון חוזר עם המפתחים בתעשיה והוא מפרה את מחשבתם. על התעשיה לפתח מוצרים בעלי יתרון טכנולוגי יחסי, אחרת יאבד הסיכוי להצלחה. גם בתעשיה יש לקחת בחשבון את מעמדה הפוליטי של ישראל בעולם, מצב המונע כיום גיוס כספים ומאליו יישום רעיונות חדשים נוספים והמשך ההתפתחות הכלכלית של התעשיה המתוחכמת בישראל, ובתוכה כמובן גם קבוצת אלרון ואלביט.

"מה שממשיך להניע אותי להמשך הפיתוח והיצירה התעשייתית והטכנולוגית", אומר עוזיה גליל "הוא המניע החברתי. אני רוצה לראות את ילדי ונכדי יוצרים בארץ הזו מתוך אתגר אינטלקטואלי יצירתי. הסיכוי היחידי של החברה בישראל לשמור על עצמה תלוי במידה בה נצליח למשוך צעירים יהודים לקחת חלק בתהליך היצירה וההקמה של הכלכלה והחברה בישראל המתחדשת. לדעתי ניתן לעשות זאת רק באמצעות אתגרים עסקיים וטכנולוגיים שיאפשרו איכות חיים שתבנה חברה בריאה ומרוצה מעצמה וממעשיה. שאיפתי להמשיך ולתרום בסגירת מעגלים בין טכנולוגיה ומדע והזדמנויות עסקיות שיהפכו למפעלים כלכליים ריווחיים. יש לנו בחורים מוכשרים עם הרבה רעיונות טכנולוגיים. עדיין לא מיצינו את היכולת להפוך את הרעיונות לתעשיות ועסקים מצליחים בקנה מידה בינלאומי, הצלחה שהיא המפתח ליצוא, להשגת העצמאות הכלכלית, ולמניעת התופעה של בריחת מוחות. הכל חייב להיות מתורגם להצלחה כלכלית של החברה הישראלית". וממשיך ואומר עוזיה "לנו בישראל יש בעיה האופינית לכל מערכת של משטר דמוקרטי, יש לנו מערכת שלטונית החושבת לזמן קצר ולא לטווח ארוך, עובדה המשפיעה על כולם. כולם מחקים את החשיבה השלטונית, ממשלתית, קצרת הטווח, ובסופו של דבר אנחנו עושים מהלכי חשיבה מוטעים."

לשאלתי "למה וממי אתה מצפה שישנה את המצב?" עונה עוזיה באופן חד משמעי וברור "מהממשלה!" "הממשלה חייבת להשקיע הרבה יותר בתשתית, בתקשורת, באפשרויות התיקשוב, בהקצאת משאבים ניכרים לצרכי מחקר ופיתוח, כדי שיהיו לנו הרבה יותר הזדמנויות טכנולוגיות, ביצירת התשתית השיווקית והחשיבה האסטרטגית. יש ליצור את התנאים שיזמים עסקיים בארץ ובחו"ל יוכלו לצמוח כאן במהירות ובהצלחה".

בהיכנסי לחדרו הבחנתי בתעודה המעידה על פרס יו"ר הכנסת לעוזיה גליל על כך שהוא "משמש כדוגמה ומופת למנהיגות כלכלית – מדעית ותורם תרומה רבתי לאיכות החיים בחברה הישראלית, בפיתוחן של תעשיות, טיפוחם של משאבי אנוש ובפתיחת שערים לכשרונות ישראליים". בתום הראיון עמו הבנתי את משמעות הדברים.

Ready Systems (Israel) Ltd.

כשבוחנים את ההתפתחויות הדרמטיות שהתרחשו בכלכלותיהם של מספר מדינות שהפכו לסיפורי הצלחה כלכליים, טכנולוגיים וחברתיים, אי אפשר שלא להתקנא בהם על כך שידעו למשוך אליהן את חברות ההיי־טק בעולם, להקים בתחומן מפעלי ייצור שיעשי־רו את החברות מחד ויממשו מטרות כלכל־יות וחברתיות של המדינות בהן הם פועלים, מאידך. אירלנד, טיוואן, סינגפור ומדינות אחרות הציעו לחברות עבודה זולה ואיפשרו ליצרנים להתמודד עם עלויות, כאשר מרכזי המחקר והפיתוח נשארו בארצות מוצאם של המפעלים, בדרך כלל בארצות הברית.

ישראל, המשופעת במהנדסים, באנשי מדע, באוניברסיטאות ובמכוני מחקר מעולים, יכו־לה להציע לעולם בשפע את מה שאינו מצוי במרבית מדינות העולם, את יכולת המחקר והפיתוח, את המוח החושב והיצירתי המצוי בישראל בשפע ואוצרותיו גדולים בעולם היהודי ובין הישראלים שפרשו מקהלנו ועו־שים בשדות זרים.

בשנים האחרונות אנו עדים לתופעה חיובית, הקשורת את ישראל עם פיתוח טכנולוגיות היי־טק מהמתקדמות בעולם, התחלות צנ־עות שהפכו כבר לסיפורי הצלחה, אך עדיין מעטים מדי. חברות מובילות בתחום האלקטרוניקה והמחשבים הקימו ומקיימות מרכזי פיתוח בישראל ומעבירות משימות פיתוח מתקדמות בטכנולוגיות מתוחכמות ביותר לישראל. במרכזי הפיתוח האלו משקל רב במיוחד ניתן לפיתוח תוכנות תשתית ומוצרי תוכנה בסיסיים. בין החברות הזרות הבולטות שהקימו בישראל את מרכזי המו״פ שלהם ניתן למצוא כיום את מוטורולה, אינטל, נשיונל סמיקונדקטור, דיגיטל, רדי סיסטמס ואחרות.

במסגרת מרכזי הפיתוח הנ״ל בחרתי להציג את חברת Ready Systems (Israel) Ltd, היינ־קא מבין כולן, אך יש בה מאותם סממנים שיכולים להפוך את ישראל לארץ המגשימה את הרעיון הציוני בדרך חדשה המתאימה לתקופתנו.

על החברה, יזמיה, עיסוקיה, תוכניותיה והצלחותיה, למדתי מפיו של אל״מ (מיל׳) אבי פרי, מי שהיה מפקד מרכז המחשבים של צ.ה.ל – ממר״מ – ומנהל כלל מערכות מידע וכיום משמש מנכ״ל החברה בישראל וסגן הנשיא של החברה האמריקאית.

החברה ממוקמת בפארק לתעשיות עתירות מדע שליד מכון וייצמן למדע ברחובות. מיס־דיה הם קבוצת משקיעים עליהם נמנים פרד אדלר הידוע, ורבורג את פינקוס, חברת ההשקעות אטנה שבראשה דן טולקובסקי ופרד אדלר ואריה פיינגולד, הזכור מדייזי מערכות, שהוא היזם והרוח החיה מאחורי כל רעיון החברה החדשה, שהוקמה בארצות הברית באוקטובר 1986 והקימה את מרכז הפיתוח שלה בישראל בפברואר 1987.

מחזורה של החברה מוערך ב־20 מיליון דולר, מחזורה בישראל שלושה מיליון דולר. החברה בישראל עתידה להוות את מרכז המחקר והפיתוח העולמי של החברה.

המחקר והפיתוח הם בתחום התוכנה ומוצ־ריה והם כוללים מוצרי תוכנה בסיסיים בשני קוי מוצרים:

* רכיבי תוכנה למערכות זמן אמת הכול־לים מערכות הפעלה לכל המעבדים הידועים (VRTX), בכלל זה למעבדים המתקדמים ביותר כגון Intel 80960 M88000, AMD 29000 (וכמובן כל הקוד־מים, כמו 80386/286/86) ורכיבי תוכנה נוספים כגון תקשורת, I/O וסביבות פי־תוח. יש להדגיש את RTADA שהינו מוצר Ada למערכות זמן אמיתי.
* קו המוצרים השני הינו כלי עזר לפיתוח תוכנה הנקראת CARDTools (Computer Aided Real-Time Design Tools), המכו־ונים בעיקר ליישומי זמן־אמת (אם כי כוחו רב גם בפיתוח מערכות ענ״א ככלי case). בתחום זה מכסה CARDTools חלק נכבד ממחזור החיים של מערכת תוכנה: בהגדרת הדרישות, תכנון ותיכון, קידוד ותיעוד. הכלי משלב טכנולוגיות פיתוח מתקדמות כגון תכנון ב־State Machine, DFD, Control Maps, דוקומנטציה סטנדרטית 2167 ו־2167A ותמיכה בשפות־על כגון Ada.

מאז הוקם המרכז בארץ הוא הולך ומתפתח, קולט אנשי מקצוע ברמה גבוהה ביותר וכבר שחרר מוצרים חדשים לשוק העולמי.

שאלתי את אבי פרי מה היו שיקוליהם של היזמים לפתח את מרכז המו״פ שלהם דוקא בישראל.

״מספר שיקולים הביאו את הנהלת Ready Systems האמריקאית להמליץ בפני מועצת המנהלים להקים את המרכז בארץ״, משיב פרי, ומונה את הסיבות:

1. רמת פיתוח תוכנה טובה מאוד בישראל והכרה שדיסציפלינת הפיתוח בארץ מתקדמת ביותר.
2. קיום כוח אדם מקצועי טוב בארץ ויכולת גיוס עובדים נוספים ברמה גבוהה.
3. יציבות כ״א מקצועי בעבודה (בעיה קשה מאד במרכזי הפיתוח העיקריים בארה״ב. מהנדסי תוכנה ומנתחי מערכות עוזבים בתדירות גבוהה ובזמן תגובה קצר את עבודתם לטובת עבודה מושכת יותר).
4. שמירת ידע טכנולוגי מצטבר וידע על המוצרים, לאורך זמן.
5. העלות הכוללת של הפיתוח בארץ זולה יותר (גם כשלוקחים בחשבון הוצאות תקשורת ונסיעות).
6. אפשרות לקבלת מענקים ומימון מקרנות שונות:
BIRD – קרן דו־לאומית ישראל־ארה״ב.
מדען ראשי, משרד מסחר ותעשיה.
7. הקלות במסים.
8. תשתיות מתאימות, כולל תשתיות לתקשורת מחשבים עם ארה״ב ואירופה.
9. מוסדות להשכלה גבוהה בישראל באי־כות טובה מאד.

אין ספק שמדינת ישראל יוצאת נשכרת מהקמת מרכזי פיתוח אלו, בכך שמרכזי הפי־תוח מרחיבים ומעמיקים את כושר הפיתוח הטכנולוגי בישראל, כשכל המימון בא מכספי החברות הזרות. ההשקעה השנתית של חברה כ־Ready Systems בארץ, מוערכת ב־2.5–3 מיליון דולר כבר בשלב זה. פעילות החברות הזרות בונה בארץ תשתית פיתוח, בציוד, בכוח אדם, מהמתקדמות בעולם. תשתיות אלה יכולות להוות בעתיד את הב־סיס עליו תפותח תעשיית היי־טק עצמאית. כוח אדם מקצועי טוב נשאב למרכזי פיתוח כאלה כאלטרנטיבה למרכזי פיתוח בחו״ל ובכך מסייע למניעת ירידה ולעידוד עליית מומחים מחו״ל.

לשאלתי האם המשקיעים מרוצים, האם התגשמו ציפיותיהם? משיב פרי: ישנם כמובן קשיים אובייקטיביים ומחובתנו להקטין קש־יים אלה למינימום האפשרי.

גורמים כגון ביורוקרטיה ממשלתית, מיסוי על תשתיות וכו׳ הינם בין הגורמים בהם ניתן לטפל ולהקטין את פגיעתם בכדאיות הכוללת של הקמת מרכזי הפיתוח בארץ. לאלו מצטרפים גורמים נוספים שאין לנו שליטה עליהם, כמו גורמים פוליטיים, מרחק פיסי המקשה ומייקר את הפיתוח במקרים מסויי־מים, שירות מילואים (במיוחד בתקופה האחרונה, כשהיקף שירות המילואים הורחב והחל לפגוע פגיעה של ממש בפעילויות הפי־תוח).

צריך לזכור, המירקם עדין ויש גורמים לא מעטים באותן חברות שאינם רואים בשמחה את התפתחות מרכזי הפיתוח דוקא בישראל. במועצת המנהלים של אותן חברות שהקימו את התשתית בארץ, עולה מדי פעם השאלה האם הפעילות בארץ כדאית. למי שמכיר את מהלך העניינים בארה״ב ורגישות חברי מוע־צות המנהלים לתביעות על רקע של החלטות לא נכונות ושיקולים זרים, ברור עד כמה חשוב להראות את יתרונות מרכזי הפיתוח בארץ.

״מוטלת עלינו החובה לעשות כל שביכולתנו, שלא לספק לאותה אופוזיציה בחברות האם הבינלאומיות את התחמושת להילחם בקיום מרכזי הפיתוח בארץ״, מדגיש פרי.

לאחרונה הודיע אריה פיינגולד שהוא מתכ־וון, לאחר 13 שנים של יוזמות בעמק הסילי־קון ולאחר שזכה לתהילה רבה שם, לשוב ולעלות לישראל ולפתח כאן, יחד עם יזמים ובעלי רעיונות, מפעלים עתירי ידע על טהרת הידע, הרעיונות ושותפים ישראליים.

בראשית הדברים אמרתי שיש ב־רדי מערכות ״סממנים היכולים להפוך את ישראל לארץ המגשימה את הרעיון הציוני בדרך חדשה המתאימה לתקופתנו״, שובו של אריה פיינגולד לישראל, הוא אחד הסממנים לכך.

מ.ל.ל. תעשיות תוכנה ומחשבים בע״מ

תעשיית האינפורמציה – מרכזי החישוב העסקיים

לא ניתן לתאר את התפתחות עיבוד הנתונים והשימוש במחשבים בישראל, ללא תרומתם של מרכזי החישוב העסקיים (שכונו בעבר "לשכות שירות"), שבפעילותם הנחשונית והחלוצית הביאו את בשורת המיחשוב לאלפי ארגונים ציבוריים ועסקיים וסללו את הדרך למאות רבות של מיתקני מחשבים הפועלים כיום במשק. פעילותם המקצועית והעסקית של מרכזי החישוב הנ"ל, הקימה ויצרה תעשיה חדשה, את תעשיית האינפורמציה, ענף המעסיק כיום למעלה מ־3000 עובדים מקצועיים והיקף פעילותו הכלכלית מסתכמת בסכום העולה על 350 מיליון ש"ח. תעשיית האינפורמציה היוותה גם את הבסיס להקמת ענף שלוב בה, את תעשיית התוכנה, תעשיה שעתידה לתת תרומה חשובה וחיונית הן לקידום המיחשוב והניהול בישראל והן ליצוא גובר של תוכנות לשוקי העולם. תעשיה שבהכוונה וסיוע נכונים עתידה להיות אחד מיסודות הכלכלה העתידית של מדינת ישראל.

כחברה מייצגת, חברה היכולה להיות נציגה מובהקת של הענף, בחרתי להציג את חברת מ.ל.ל., תעשיות תוכנה ומחשבים בע"מ. בחרתי בחברה על שום היותה הותיקה מבין החברות לעיבוד נתונים, הגדולה שבהן ובעיקר עקב העובדה שהחברה ומנכליה, זיכו לראשונה את ענף עיבוד הנתונים והתוכנה בישראל ב"פרס קפלן" לשנת 1988.

חברת מ.ל.ל. חוגגת בשנת 1988 את מחצית היובל לפעילותה בישראל. ההיסטוריה של תעשיית האינפורמציה בישראל היא ההיסטוריה של מ.ל.ל., רבים מציוני הדרך בהתפתחות של תעשיית עיבוד הנתונים האוטומטי, התוכנה והמחשבים, נקבעו על־ידי הפעילויות והעשייה של מ.ל.ל. בישראל. מ.ל.ל. משמשת גשר ומנוף להעברת טכנולוגיות המידע מארצות המערב לישראל, והיא יצרה את המסד עליו נבנתה תעשיית האינפורמציה בכלל ורבים ממרכזי החישוב העסקיים והציבוריים בפרט.

חגיגות ה־40 של מדינת ישראל יציינו את אחד האירועים החשובים והדרמטיים בהיסטוריה של העם היהודי. שיבת העם למולדתו והצורך בבניית חברה וכלכלה מודרניות, לא היתה אפשרית אלמלא היוזמה, החזון, הביצוע והחריצות של מנהיגים פוליטיים, מנהיגים ויזמים כלכליים ומנהיגים מקצועיים, שבחזונם ובעשייתם הביאו את מדינת ישראל למה שהיא כיום.

ענף המחשבים הוא צעיר ודינמי, וההתפתחות הטכנולוגית בתחום זה היא הרת משמעות לחברה האנושית. את תרבות האינפורמציה, בה אנו חיים כיום, חוללו המחשבים האלקטרוניים. ל־מ.ל.ל., מנהליה ומייסדיה תפקיד חשוב במהפכה זו בישראל. במהלך השנים ביצעה החברה מאות אלפי פרוייקטים של מיחשוב בהיקפים שונים, שהביאו להתייעלות ושיפור הניהול, שיפור בתהליך קבלת החלטות, חסכון בהוצאות יצור והנהגת שיטות בקרה במאות ארגונים, מפעלי תעשיה וחרושת, חברות עסקיות וציבוריות בישראל.

החברה נטלה גם חלק פעיל ומכריע בהתארגנות הענף והקמת המסגרות הייצוגיות שלו (ארגוני משתמשים, ארגון ספקי ענ"א, ארגון ספקי תוכנה וכו'), הקימה מפעלים כלכליים שונים על־פי צרכי השעה, תוך היענות לאתגרים לאומיים, שזכו להערכת המוסדות הלאומיים והכלכליים במדינה.

חברת מ.ל.ל. היא כיום הקומפלקס המקצועי העסקי הגדול בישראל לייצור ואספקה של שירותי עיבוד נתונים, תוכנה ומחשבים.

טכנולוגיות חדשניות – מבט אל מעבר לאופק

האמונה שעתידה של מדינת ישראל תלוי בעיקרו בכושר ההתמודדות הטכנולוגית, הן של הפרט והן של הכלל, בתוך עולם דינמי ומתקדם – היא שהיוותה את הבסיס לפעילותה של מ.ל.ל. ושאיפתה כל העת לקדם את מערכות המידע הממוחשבות לפני עגלת המשק הלאומי.

כך במפעלי חרושת ותעשיה, במשרדי ממשלה ובמוסדות ציבור – מס הכנסה, החשב הכללי, קופת חולים הכללית, אגפי מטבע זר בבנקים, ניירות ערך, מלונאות, תעשיות האלקטרוניקה, המתכת, הכימיה, החשמל ועוד.

כך גם ביחס לעיסוקיהם ועסקיהם של בעלי מקצועות חופשיים, המקיפים כיום משרדי עורכי דין, עמילי מכס, רואי חשבון, יועצי מס ומנהלי חשבונות.

החדרת "המילה האחרונה" בתחום טכנולוגיית המחשבים הביאה מצד אחד לחסכון גדול ולייעול של סקטורים שלמים במשק, ומצד שני, היא תרמה לפיתוח וקידום הנכס היקר ביותר שיש למדינה – המוח הישראלי היוצר וחושב מקורית.

חלוציות בהחדרת רעיונות חדשים

הראיה המשולבת של הדינמיות המאפיינת את הכלכלה המודרנית מצד אחד, וההתפתחות המואצת של טכנולוגיית המחשבים מצד שני, הם שהריצו את אנשי מ.ל.ל. קדימה בהחדרת רעיונות מקוריים וחדשניים בתחומי התקשורת, רשתות התקשורת המקומיות, ביזור הבינה, המיקרו־מחשבים במינהל, המיקרו מחשבים בניהול רשתות תקשורת מקומיות, וכן בפיתוח מחשב אישי אמין ולא יקר, שהביא להרחבת השימוש במחשבים אישיים בישראל, בשיתוף עם חברת "ספרינג" שמרכזה בטיוואן. כל זאת, בצד פיתוח מיגוון רחב ומתוחכם של תוכנות, שהן־הן נשמת החומר.

חלוציותה וראשוניותה של מ.ל.ל. בתעשיית האינפורמציה, באה לידי ביטוי על־ידי החדרת טכנולוגיות מתקדמות. נשאים אלה כוללים את התחומים הבאים:

1. הקמת מרכזי חישוב לעיבוד נתונים על בסיס מסחרי, כך שהמינהל בישראל יוכל להסתייע בכלי הניהול המתקדמים, עוד לפני קיום הידע, היכולת והמשאבים הכספיים להתמודד עם הטכנולוגיה באופן עצמאי.
2. הקמת רשת תקשורת פרטית, המחברת את מרכזי החישוב של מ.ל.ל בעריה המרכזיות של ישראל (תל־אביב, ירוש־



לים, חיפה) בינם לבין עצמם, רשת המאפשרת הולכת נתונים מכל אתר בארץ ובצמוד לאתרי פעילות הקו של המשתמשים אל יחידות המטה שלהם.

3. העמדת בסיס טכנולוגי לפיתוח שיטות עיבוד מקוונות (real-time, on-line) בשירות הלקוחות, באמצעות טכנולוגיית התקשורת והמסופים מרחוק, שיטות ואמצעים שהעמידו את הבסיס לטכנולוגיית התקשוב העכשווית והעתידית.
4. החדרה וביסוס של שיטות עיבוד, המבוססות על טכנולוגיה של "ביזור בינה".
5. ראשוניות בהחדרת טכנולוגיית המחשבים האישיים לישראל, ושימושם לא רק כמחשבים אישיים, אלא – ובעיקר – כחלק אינטגרלי ממערך ופתרון המיחשוב הכולל בארגון. בדרך זו, החדרת כלי המיחשוב וענ"א לרבדים חדשים של בעלי מקצועות חופשיים מחד, הורדת אמצעי המיחשוב עד פונקציונרים ביחידות קצה של יחידות קו בארגונים גדולים מאידך.
6. מהפכת המחשב האישי במיגזר החינוכי.
7. מהפכת שיטת הבר־קוד בישראל, לזיהוים של פריטים קטלוגיים בשיטה אחידה, המשתלבת בשיטות הבינלאומיות המקובלות בסחר העולמי.
8. החדרת טכנולוגיית רשתות התקשורת המקומיות והסופר־מיקרו מחשבים.
9. החדרת מערכת הפעלה XENIX/UNIX בישראל. מערכת זו הולכת ותופסת מקום חשוב ומכריע בתעשיית המחשבים בעולם.
10. החדרת מהפכת מחשבי הדור השלישי של מחשבים אישיים, המבוססים על מעבדי אינטל 80386, הנחשבת למהפכת המחשבים החשובה והדרמטית בעת האחרונה.
11. קובעת לראשונה סטנדרטים חדשים, על פי אמות־מידה בינלאומיות, לתיעוד חבילות תוכנה.

הקמת מפעלים כלכליים לפי צו השעה וצרכי המשק

* הקמת מפעל תעשייתי, יחד עם משקיע אוסטרלי, לייצור והדפסה של ניירות רציפים למחשבים.
* הקמת מרכז לרישום נתונים אלקטרוני בערד ואח"כ גם בעכו, שהעסיקו נשים.
* הקמת בית תוכנה ביישוב עופרה, ואחריו בתי תוכנה אחרים ביהודה ושומרון.

התפתחות טכנולוגיית המחשבים היא כה דרמטית וכה מפתיעה, שיש לצפות שעוד נכונו לתעשיית האינפורמציה אתגרים רבים בעתיד. פיתוח תוכנת חבילה, כלי תוכנה, מאגרי מידע, מאגרי ידע ודואר אלקטרוני, הם רק מקצת מאותם אתגרים המצפים לענף בישראל ובעולם כולו. יתרה מזו, ענף זה יחד עם בתי התוכנה עתידים להוות במרוצת השנים את אחד הענפים העתידיים של כלכלת ישראל ואחד מענפי היצוא החשובים שלה.

מנוף מערכות בע"מ

מנוף מערכות בע"מ, הינה בית מערכות בינלאומי, המתמחה בפיתוח ושיווק פתרונות תקשורת נתונים ותיקשוב לעולם הבנקאות ולארגונים בינלאומיים.

בחרתי להציג חברה זו על היותה בית תוכנה ישראלי במלוא מובן המילה, המנסה במשך שנים בהתמדה וללא ליאות, לפתח מוצרי תוכנה מתוחכמים בתחום מוצרי העתיד (תקשורת נתונים ותיקשוב) ולפרוץ לעולם הגדול. התמדתה והישגיה של החברה, למרות זהותה הישראלית, ראויים לשבח ונסיונה ומהלכיה עשויים לשמש כמורה נבוכים בדרך אל ההצלחה של בתי תוכנה ישראליים אחרים.

החברה שהוקמה בשנת 1978 על ידי ארבעה יזמים מתחום עיבוד הנתונים הציבה לעצמה את האתגר לפתח מוצרים במדינת ישראל ולשווקם ברחבי העולם. במהלך השנים עברה החברה שינויים מהותיים במבנה הבעלות ונמצאת כיום בבעלות מלאה של תשלובת תבורי בע"מ.

פתרונות מנוף מבוססים על משפחת מחשבי Series/1 מתוצרת יבמ ומפותחים בשלמות במרכז החברה בארץ.

כיום מעסיקה החברה כ־80 עובדים, בעיקר במטה בארץ ומפעילה רשת סוכנים הכוללים בתי תוכנה מובילים בתחום התקשורת והבנקאות בארה"ב, קנדה, שוייץ, יפן, צרפת, אוסטרליה, ניו־זילנד, אנגליה, בלגיה והונג־קונג.

החברה שילשה את יצואה בשנים האחרונות. התמורה שהשיגה בשנת 1987 מסתכמת בלמעלה מ־2 מיליון דולר.

החדירה אל שוקי המטרה קשה. מנוף חדרה לשוק השוויצרי, הנחשב קפדן ושמרן מאין כמוהו, שוק בו מחזיקה מנוף נתח של כ־40%. גם בשוק היפני החברה פועלת והציפיות שלה משוק זה רבות.

מעבר להצלחה המרשימה של החברה ביצוא ישיר של מוצרי תוכנה ממדינת ישראל לשוקי מטרה תחרותיים ושמרניים ביותר, כאמור, מקיימת החברה מספר שיתופי פעולה בפיתוח ושיווק מוצרים עם גורמים בינלאומיים, מהמובילים בשוקי המטרה של החברה.

מנוף קנתה לעצמה מוניטין רב בשוק התקשורת בעולם והפכה לאחת החברות המובילות בתחום מערכות ה־EFT (Electronic Funds Transfer). תוך התבססות על רשת חברות הבת וסוכניה ברחבי העולם, רכשה החברה למעלה מ־100 לקוחות בחמש יבשות, הכוללים בנקים ידועים וחברות ענק בינלאומיות הפועלות בתחומי התעשיה, המסחר, הספנות והתעופה.

אבי זאבי, מנכ"ל החברה, הוא מהנדס תעשיה וניהול, התמחה בחקר ביצועים ועיבוד נתונים, בעבר שימש כמנהל היחידה לניתוח מערכות של חיל האויר והוא מכהן כיום גם כיו"ר איגוד בתי התוכנה בישראל שליד התאחדות התעשיינים.

אסטרטגיה שיווקית

מאז הקמתה היתוותה מנוף לעצמה את הסיסמה "מנוף ליצוא תוכנה". מימושה של מטרה זו חייב גיבוש של מספר עקרונות יסוד שהגיעו לידי מימוש מלא במהלך שנות קיומה של החברה:

א. התמחות

כחברה שפניה ליצוא מתמחה מנוף בתחומים שיווקיים וטכנולוגיים ספציפיים ואינה מציעה שירותים בכל תחום ולכל סוג מחשב. יתרונה העיקרי של החברה ביכולתה להציע פתרונות יחודיים, בניגוד למתחריה, המתאימים לשוקי מטרה ספציפיים.

טכנולוגיה

עם הקמתה החליטה החברה להתמחות בטכנולוגית משפחת מחשבי יבמ מסדרת Series/1 וזאת מכמה טעמים שהעיקריים בהם היו:

- סדרת ה־Series/1 היתה סידרה חדשה של מחשבים מבית יבמ שאסטרטגית השיווק ה"יבמ"ית שלה התבססה בעיקר על מכירה באמצעות בתי תוכנה, תוך התבססות על היישומים שיפותחו על ידי בתי תוכנה אלו. ואכן, מיום הקמתה מוגדרת חברת מנוף כ־VAR – Value Added Remarketer של חברת יבמ ונהנית משיתוף פעולה פורה עם סניפי יבמ השונים ברחבי העולם, הן ביצירת קשרים עם לקוחות פוטנציאליים והן בארגון סמינרים משותפים.
- סדרת ה־Series/1 נועדה להיות מותקנת בסביבות ציוד משתנות, לאו דווקא מתוצרת יבמ (חידוש מהותי באותה עת) ולהתקשר למיגוון רחב של סוגי ציוד: הן לציוד שאינו מתוצרת יבמ והן לציוד שאינו ציוד מחשבים (כגון רשתות תקשורת) – תכונות שהתאימו לשוקי המטרה של מנוף.
- סדרת המחשבים הצטיינה בכישורי התקשורת שלה וברמת אמינות גבוהה במיוחד, תכונות שהתאימו למוצרים שמנוף עוסקת בהם.

יישומים

כבר עם הקמתה החליטה החברה להתמחות ביישומים מוגדרים ובתחומים ספציפיים ולהציע ללקוחותיה מומחיות, הן במוצר והן בכל הקשור ליישומו בארגון. החל מתחילת שנות ה־80 התמקדה החברה ביישומים של מערכות מיתוג הודעות.

בעיסוקה בתחום מיתוג ההודעות רשמה לעצמה החברה הישגים לא מבוטלים ומערכותיה הותקנו בארגונים בינלאומיים כגון: חברת הטלפונים ההונג־קונגית, חברת המסחר בקומודיטיס Asoma, חברת קודאק, חברת התעופה SAA וכדומה.

התמחותה של החברה בתחום מיתוג ההודעות הכללית ובטכנולוגית Store & Forward ("אחסן ושגר") הובילו את החברה, לקראת הצטרפות הבנקאות הישראלית לרשת סוויפט, להחלטה להתמקד בישום ה־S.F. בתחום

מערכות העברת התשלומים האלקטרוניים (Electronic Funds Transfer) הבנקאיות.
מסוף שנת 1982 הפך תחום זה לתחום העיסוק העיקרי של החברה ובו היא קצרה את ההצלחות המרשימות ביותר (למעלה מ־90 התקנות בנקאיות ברחבי העולם).
התמחותה של החברה בתחומי התקשורת הבנקאית זכתה להכרה בקרב לקוחותיה ברחבי העולם, ביניהם בנקים מהגדולים והמפורסמים בעולם: Chase Manhatan, Midland Bank, Westpac Banking Corporation, בנק לאומי לישראל בע"מ ועוד.

ב. מכירת מוצרים

על מנת להביא לידי מימוש את הפוטנציאל במדינת ישראל, החליטה החברה להתמקד במכירת מוצרים ולא בפיתוח וביצוע פרוייקטי תוכנה.

– מאז תחילת פעילות היצוא של החברה, עם שיווק מערכת מיתוג ההודעות הכללית MMS/1 – Manof Message Switching System, ועד היום, כאשר משפחת המוצרים המובילה היא הדור השני של מערכות התקשורת הבנקאיות MBS/2 – Manof Banking Communications Systems התרכזה החברה בפיתוח ושיווק מוצרים בהם ניתן להגיע לידי ניצול מירבי של ההתמחות שרכשה, של כח האדם שלה ולהבטיח החזר מהיר של ההשקעה בפיתוח מוצר ומכירתו החוזרת.

ג. רשת השיווק

כחברה שפניה ליצוא השקיעה חברת מנוף מערכות בע"מ סכומים ניכרים באריזת מוצריה בסטנדרטים בינלאומיים ובפיתוח רשת בינלאומית לשיווק מוצריה בעולם.
השיווק מבוסס כיום על בתי מערכות גדולים, כל אחד בטריטוריה שלו, המתמחים בתחום הבנקאות והתקשורת. בכך הצליחה החברה לשתף פעולה עם חברות מקומיות בעלות מוניטין וידע בשוקי המטרה.
בשיטת פעולה זו הושגה מטרה לא פחות חשובה והיא לימוד הצרכים של שוקי המטרה השונים. כחברה שבסיסה בישראל נאלצה מנוף להתמודד עם הצורך לאבחן במדוייק צרכי שוק בשוקי יצוא מרוחקים ולפתח עבורם את הפתרונות המתאימים על בסיס הידע הטכנולוגי שלה.

ראויה לציון דוגמת השוק השווייצרי עבורו פיתחה מנוף מוצר תקשורת בנקאי, משלים לקו המוצרים העיקרי שלה, בשיתוף פעולה עם הסוכן המקומי והצליחה להגיע לידי כ־40% מהשוק עם למעלה מ־40 לקוחות בנקאיים שווייצרים. מנוף מפתחת מוצר תקשורת דומה עבור השוק האמריקאי בשיתוף עם בית המערכות המייצג אותה בארה"ב ובמימון חלקי של הקרן הדו־לאומית בירד.

שירותי עיבודים ממוכנים, ש.ע.מ.

כדי להשלים תמונת מצב ועל מנת לתת ביטוי נאות לתחומי הפעילויות השונים והמגוונים בתחום המחשבים והתוכנה, מצאתי לנכון לאתר ארגון העוסק בעיבוד נתונים בתוך המגזר הממשלתי, אשר הגיע להישגים שבלעדיהם לא ניתן לתאר את ביצוע המטלות הממלכתיות המוטלות על משרתי הציבור מחד ולענות על הצרכים השלטוניים/ממשלתיים מאידך.
הורגלנו במושגים וערכים בהם מצטייר עובד הציבור, ובמיוחד זה המשרת במשרד ממשלתי, כאדם שהאין ברירה לתעסוקתו הוא הקריטריון לבחירת תעסוקתו בממשלה. רבים נוטים לחשוב שעובדים אלה, המועסקים בתנאי שכר שאינם משתווים עם המשק כולו, הם חסרי מוטיבציה ונותנים לבינוניות להשתלט עליהם. פועל יוצא מכך שקשה לתאר הישגים יוצאי דופן ובודאי לא במקומות ועיסוקים בהם מסירות, אחריות, איכות, מקצוענות, יוזמה ויצירתיות הם קריטריונים לתעסוקה והצלחה.
מי מאזרחי ישראל פטור מהנטל והחובה להתמודד עם החובה האזרחית לשלם מס? מי מהעוסקים, "זעירים" ו"מורשים", אינם פוגשים בכל מעשיהם את יד שלטונות המס עליהם? מי מהפועלים במשק בפעילות כלכלית של יחידים או חברות, יבואנים או יצרנים, אינו פוגש את שלטונות המס הגובים מכסים למיניהם? מי מאתנו לא מתפעל מדי פעם כיצד האח הגדול והעין הבוחנת יודעים ורואים הכל ומי באמת, לאחר חשיבה ותרעומת לעיתים, אינו מהרהר בסתר ליבו, כמה טוב שיש לנו מנהל מס שכזה היודע לעשות חשבון אמת ויודע ומתקרב להשגת היעד של מס אמת וצודק המוטל במידה שווה על כל המפרנסים והעוסקים במשק?
מאחורי כל הארגון המבצעי הזה, מאחורי כל אגפי המס הצריכים להבטיח גביית מס על פי התכנון הלאומי במסגרת התקציב הלאומי, עומד ארגון מחשבים מקצועי שאפשר להתגאות בו בכל קנה מידה, הרי הוא שע"מ, שירות עיבודים ממוכנים, יחידת המחשב המספקת את שירותי המיחשוב לאגפי המס במשרד האוצר.
מי שביקר פעם בטוקיו או בסינגפור במזרח הרחוק, לא יכול שלא להתרשם מנקיון הרחובות והתחומים הציבוריים, נקיון כזה עד כדי לא אנושי. מי שמנסה להבין את הנקיון הזה, קל לו להבין לאחר מכן את כל היתר, את כל מה שבנה מדינות והצעידן להישגים בלתי רגילים בכל תחום. הכל מתחיל מהחינוך והשמירה על הנקיון. אלה הם מסממניהם הבולטים של החינוך, התרבות, איכות החיים ועוד נושאים וערכים חשובים לכולנו, שלא תמיד אנחנו מוכנים להקדיש להם את מחשבותינו ומעשינו.
בכניסתך למיתקן המחשבים והמשרדים של שע"מ, אתה נמצא בפלנטה חדשה, שונה מהמושגים שהורגלת לראות במשרדי ממשלה. שם תמצא סדר, נקיון, דיסציפלינות של עבודה, מקצוענות, יצרנות, מוטיבציה והזדהות עם מקום העבודה. ערכים שאינם שגרתיים במקומותינו.
שיחה עם גברי בר לביא, מנהל שע"מ, התלהבותו, אמונתו במעשיו וגאוותו על עובדיו וביצועי המערכת שלו, מבהירים לך היטב שמדובר כאן ביחידה בלתי שגרתית, שיש לה מנהיגות מקצועית וניהולית, יש לה יעדים ומטרות והיא שוקדת להשיגם.
עד לפני מספר שנים עסקה היחידה בעיקר במערכות האופרטיביות של נושאי המס, כמו הנה"ח, הודעות לנישומים ולעוסקים, ובסטטיסטיקה/וחתכים שונים.
המסים השונים, המקבלים שירותי מיחשוב ביחידה, הם מס הכנסה, עצמאים, חברות, מעבידים, שכירים, מע"מ, מס רכוש, שבח ורכישה, מס קניה, מב"מ וכו'.
שע"מ תיפקדה ועסקה בעבר הלא רחוק בתחומים הדומים לתחומי העיסוק של אחירתיה במדינת העולם, ולא היתה שונה בהרבה מיחידות מיחשוב אחרות בממשלה, העוסקות בתחום המינהלי עסקי.
בשנים האחרונות צברה היחידה תאוצה, הן ברמה הגבוהה של הידע המקצועי והן במיגוון הנושאים והמערכות, העומדים בשורה הראשונה של תחומי המיחשוב בארץ ובעולם.
שע"מ הפכה להיות בית היוצר של הממשלה לאנשי מקצוע מיומנים. עובד הרוצה להתפאר בנסיון מקצועי עשיר שצבר בממשלה, מספיק שיציג עצמו כבעל נסיון של 4–5 שנים בשע"מ.
ביחידה קיימים תנאי קבלה ובחירת עובדים מאד קפדניים, מתקבלים 2–4 אנשים מתוך כמאה מועמדים, בעלי רקע מוקדם של קורסים שונים במחשבים.
רמת השכר הנמוכה הקיימת ביחידה (כמקובל במשרדי ממשלה) מהווה בעיה קשה, הדורשת מהדרג הניהולי כושר מניפולטיבי גבוה ביותר ומיומנות גבוהה, על מנת להמשיך ולרתק את אנשי המקצוע להמשיך לעבוד ביחידה.
התמורות החלופיות, הניתנות לעובדים, מתבטאות בין היתר בענין בעבודה, בידע המקצועי הגבוה, במיגוון הנושאים, ברמת ההכשרה ובקורסים.
אם נתבונן במשפט אחר מתוך מסמך מטלות ויעדי היחידה המוצג לכל מבקר בשע"מ, נמצא את הניסוח הבא:
"מתן שירותי מחשב מגוונים לאגפי המס לצורך גביית המס המגיע על פי החוק".
המילים "שירותי מחשב מגוונים" הם אלו אשר מבטאים את ההבדל המשמעותי בין הראיה הצרה, המכסה רק את הצד האופרטיבי של שירותי מחשב, לבין הראיה הרחבה של מיגוון שירותי מחשב הניתנים ע"י יחידת המחשב. הראיה הרחבה, מכסה את כל תחומי המרחב של הארגון, כמו:
מתן כלים כסיוע בקבלת החלטות ברמה האסטרטגית, סיוע בניהול, פיקוח ובקרה והפיכת מסוף המחשב לכלי כמעט בלעדי בעבודה לכל הדרגים, בכל תחומי מערכות המס, כמעט ללא יוצא מן הכלל.

העקרונות המנחים את אסטרטגית הפיתוחים החדשניים, המייחדים את שע"מ בהשוואה ליחידות אחרות במיגזר המיסים בעולם, מחייבים קיום קשר מתמיד ושוטף עם ההתפתחות הטכנולוגית בעולם בתחומי החומרה, התוכנה, האפליקציות והטכניקות החדשות של ניתוח מערכות והנדסת תוכנה.

הדוגמאות שהוצגו בפני במהלך הסיור ביחידה, תוך הדגשה שכל נושא שמוצג אכן פועל ועובד בשדה, בהחלט מרשימים.

במהלך הסיור שערכתי במתקן ביקשתי להתרשם באמצעות הדגמות חיות ממקצת העיבודים והשירותים בהם יכול להסתייע עובד מס ההכנסה בפעילותו השוטפת או המבצעית. מקצת מהדוגמאות אפרט להלן, דוגמאות שיש בהן להמחיש את ההישגים המקצועיים והכלים הניהוליים שפותחו באמצעות מערכות המידע ואמצעי המיחשוב:

• הצגת פרופיל רחב של פעילות נישום/עוסק

לאחר מתן מספר זהות וצופן, הוצג במסך פרופיל של נישום (פיקטיבי) המציג מידע אינטגרטיבי, מעודכן, מ־8 מערכות מס שונות בצירוף מידע מודיעיני אודותיו.

הוצג: רכושו, קניותיו, נסיעות לחו"ל, רכב, מספר עובדים במפעלה, מחזור, מס ועוד פרטים רבים אחרים.

הגישה לנתונים באמצעות תפריטים מתוחכמים, המאפשרים צירופי מידע במיגוון עצום של אפשרויות.

• מסוף המחשב כשותף ויועץ בתהליך קבלת ההחלטות

ראיתי כיצד הופך המסוף מכלי המציג מידע חשבונאי סטטיסטי להזנת נתונים לשותף/יועץ בתהליך קבלת ההחלטות של המשתמש בפונקציות וברמות שונות של הארגון וזאת ע"י ניתוח המידע והצגת המלצות לקבלת החלטה תוך כדי קיום שיחה מחשבית שוטפת עם המשתמש.

• המסוף מצרף פריטי מידע מקבצים שונים ומנושאים שונים ומציגם בהתאמה לפעילות הסופית שצריך לבצע המשתמש

בהבדל מהגישה הקונבנציונלית, המחייבת את המשתמש לקרוא לשאילתות רבות מקבצים שונים ובנשאים שונים על מנת לקבל החלטה על הפעולה הסופית שהוא צריך לבצעה.

• המשתמש מתכנן את המסכים בעצמו בצורה אינטראקטיבית

הוצגו שאילתות המאפשרות למשתמש לתכנן בעצמו במסוף, בצורה פשוטה ביותר, את סדר המסכים וצורת הצגתם לפי דרישותיו ונחיצותו.

• קובץ אב, קובץ בן, לעומת אבני יסוד של נתונים

מעבר הדרגתי מטכניקת השימוש במושג הקונבנציונלי של קובץ אב קובץ בן, כמקובל בעיבוד נתונים, למושג הקובץ של אבני היסוד של נתוני המערכת.

הטכניקה החדשה מוותרת על אחסון נתונים תוצאתיים של יתרות קנסות, ריבית, הצמדה וכו' בקובץ אב.

הטכניקה החדשה מאפשרת פתרון בעית הרטרואקטיביות, המאפיינת את מערכות המס הנזקקות לתקן רטרואקטיבית מאות פעולות חשבון מן העבר, כתוצאה מעריכת שומה בשנת 1988 המתייחסת לשנת מס 1982.

• מערכת מומחה לביקורת מע"מ

הוצג לפני ניסוי של פיתוח מערכת מומחה בענף הנעלים במע"מ.

המערכת סייעה לעבודות מבקר מע"מ בבדיקת נכונות המחזור שהנישום הצהיר עליו.

הניסוי הוגדר כהצלחה ע"י המשתמש ועתה שוקד שע"מ על הרחבת הניסוי לענפי כלכלה רבים נוספים בשיתוף עם הנהלת המכס.

במהלך הניסוי הוקם צוות משותף של עובדי הנהלה ואנשי מחשב אשר שקדו על "לימוד הראש של המבקר".

במילים אחרות – הכנסת המיומנות של המבקר, המבצע פעולות בחינה ובדיקה מורכבות ביותר, אל המחשב, כולל כל התדריכים הענפיים שהוא נעזר בהם, הניסיון המצטבר מתיקים מן העבר, נתוני ביקור בעסק ועוד.

• איחזור מידע טקסטואלי לחוקי המס

המחשב הוזן בחוק המקורי משנת 1961 וכל 86 תיקוני החקיקה עד שנת 1988. כן הוזן המחשב בפסקי דין, נהלים וחוזרים. כיום יכול המשתמש לבקש כל מילה או צירוף מילים מהמחשב ולקבל בצורה אינטגרטיבית את כל המופעים והסעיפים בהם מופיעה המילה שביקש.

דוגמה:

ביקשנו לקבל את כל המקומות בהם מופיעות המילים "רווח הון". קיבלנו את כל סעיפי הפקודה בהם יש שימוש במילים אלה וכן את כל פסקי הדין הנהלים והחוזרים שבהם יש איזכור לצמד מילים זה.

מומחי מס מועטים ביותר מסוגלים, כיום, לשלוף מזכרונם ליקוט איזכורים בהיקף רחב כזה כפי שהמחשב מסוגל להציג במסך תוך שניות.

כלי זה מסייע רבות למשתמשים למצוא את "הצפון" בסבך חוקי המס המסובכים והמורכבים של מדינת ישראל.

• משרד ללא ניירת בתחום האפליקטיבי המסי

כמות הניירת המועברת בנושאי מס ספציפיים מן המחשב אל יחידות השדה לצורך עבודתן ברחבי העולם, היא בהיקף רחב ביותר. עשרות טונות של נייר נזרקים מידי חודש. בשע"מ פותחו מספר מערכות חדשות, המבטלות לחלוטין את הצורך בניירת. כלי העבודה היחיד הוא המסוף.

לדוגמה:

מערכת האכיפה הממוחשבת מחליפה כמות עצומה של ניירת על חובות עוסקים/נישומים, במסוף.

המסוף מציג את הנתונים אודות החוב, את מקורות העיקול, ממקורות מידע מודיעיניים, מבצע מעקב אחר גביית החוב (המעוקל), מאפשר הכנסת נתונים טקסטואליים של סיכום ישיבה, מאפשר ביצוע מעקב אחר תאריכים ויומן פגישות והחלטות.

כמו"כ מספקת המערכת כלי פיקוח, ניהול ובקרה בידי דרגי הניהול השונים בארגון, כמו הנהלת המשרד והנהלת המכס.

המערכת שהוצגה נוחה מאד לשימוש וקל להפעילה.

• המשרד הממוכן

דואר אלקטרוני

פועל מההנהלות לכל משרדי המס ולהיפך. ראיתי היסטוריה של אלפי שדרים שנשלחו ופועלים במערכת.

מערכת הדרכה ממוחשבת

מערכת המשולבת בעבודתו היומיומית של המשתמש בנשאי המס השונים. המערכת מאפשרת למשתמש לקבל על המסך פירוט בנושא מס כלשהו, להצביע על מושג מסויים, בשדה מסויים, שלא ידוע לו, לבקש הדרכה על שדה זה, לצאת למערכת הדרכה ממוחשבת, "לטייל" בה במשך שעות "עד שילמד" ואח"כ לחזור לעבוד מאותו שדה ואילך.

עיבוד תמלילים מקומי ואפשרות התחברות למחשב המרכזי דרך ה־PC.

דים נוספים. נמסר לי שקיימים כלים נוספים בפיתוח, שיוצגו בשנה הבאה.

• מרכז מידע

העמדת קבצי SAS לרשות משתמש הקצה, לצורך ביצוע עיבודים סטטיסטיים, חתכים ועבודות אופרטיביות ע"י המשתמש באופן עצמאי.

כיום משמש מרכז המידע בעיקר את המחלקות הכלכליות, הנהלות של אגפי המס ומספר משרדי שדה.

• עדכון מקוון בהנהלת חשבונות

המעבר להנהלת חשבונות בעדכון מקוון מאפשר למשתמש לבצע פעולות חשבונאיות עם הנישום/עוסק ולראות מייד את תוצאות הפעילות הסופית.

המערכת מציגה במסוף, תוך שניות, תוצאה סופית של העדכון בצירוף מסמך לנישום.

טכניקה זו מחליפה את הטכניקה הישנה של שידור במסוף וביצוע עבודת עידכון אצווה batch בלילה, וכתוצאה מכך הצגת התוצאות של הפעולות החשבונאיות רק למחרת.

עדכון הנה"ח מקוונת הצריך שינויים מהותיים בתהליכי הביקורת והבקרה בשע"מ.

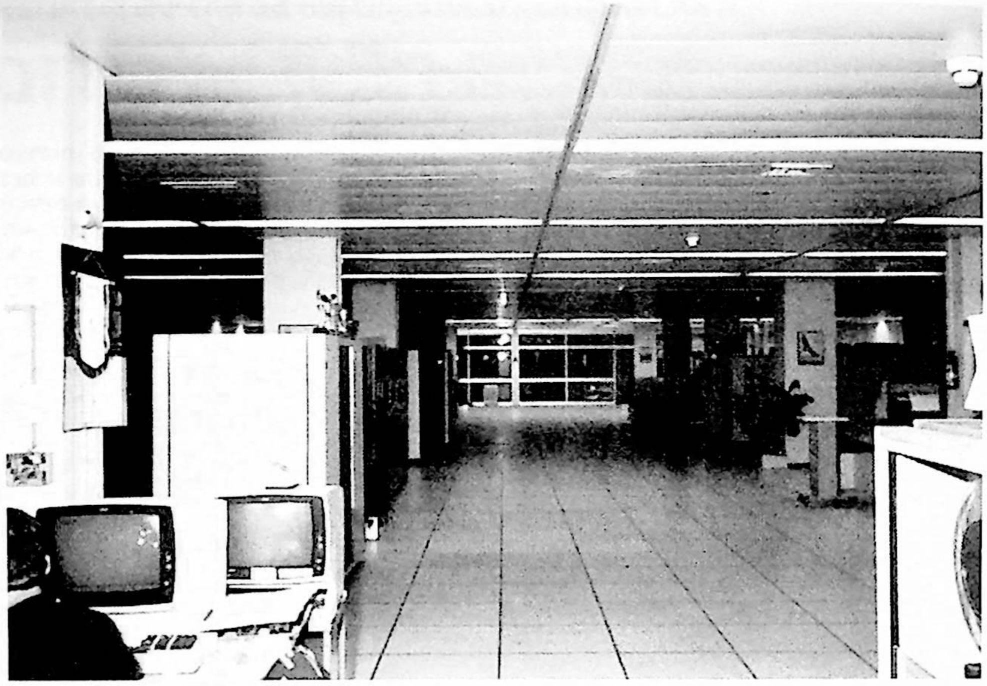
הנושאים הפועלים בשיטה זו כיום הם קנסות מינהליים, מס הכנסה – מעבידים, מס רכוש ומע"מ באופן חלקי.

מעקב אחר ביצוע החלטות

הסתיים ניסוי במשרד והניסוי יורחב למשר־

• בנק כתובות

בשע"מ פותחה מערכת של בנק כתובות המאפשרת להחליף כתובת לקויה (דואר



חוזר) בכתובת חליפית באופן אוטומטי, מתוך בנק הכתובות הסטנדרטי, ממקורות שונים ומגוונים.
כן פותחה מערכת של עץ משפחתי, המאפשרת קבלת תמונה ויזואלית של העץ המשפחתי לצורך ניתוח רוחבי של הפעולות העסקית הכוללת של המשפחה.

• **קשר בין מחשבי רואה החשבון ויועצי המס**
יצירת קשר של מחשב המסים עם גורמים חיצוניים כמו רו"ח, יועצי מס ועורכי דין, באמצעות תוכנה מיוחדת של אבטחת מידע המאפשרת למיצג להתקשר למחשב שע"מ ולקבל מידע אך ורק על אודות מיוצגיו בתחומי מס שונים.
מסירת מידע זה למיצג מתאפשרת רק לאחר שהמיוצג מסר הרשאה מיוחדת למיצג ולשלטונות המס ולאחר שהמיצג קיבל צופן מיוחד עם כרטיס אבטחת מידע.

• **ביצוע תשלום ממוחשב**
רו"ח שהתחברו לרשת, רשאים לבצע תשלום ממוחשב ללא מגע יד אדם בניירת.
המערכת שפותחה בשע"מ מאפשרת ל־3 מחשבים להידבר ביניהם ולבצע את כל הפעולות הדרושות.
מחשב המיצג יוזם פעולות תשלום לשלטונות המס, יוצר קשר עם מחשב שע"מ ומעביר הוראה במסוף לחיוב חשבון מיוצג שלו בבנק וזיכוי חשבונו במ.ה. או מע"מ.
מחשב שע"מ יוצר קשר עם מחשב הבנק, מבצע פעולות חיוב חשבון מיוצג בבנק וזיכוי חשבונו באותו סכום במ.ה. או במע"מ. פעולה זו מתבצעת רק לאחר מתן אישור עקרוני מיוחד מצד המיוצג.

• **מידע מודיעיני מגוון ובהיקף רחב**
בשע"מ פיתחו טכניקות מיוחדות לטיפול במידע מודיעיני המאפשרות הזנה והצגת מידע מודיעיני מגוון, הן בטקסט והן בשדות שנקבעים ע"י המשתמש עצמו, בהתאם לסוג המידע שהגיע לידיו.
הזנת המידע במסוף תוך שימוש בטכניקות שונות של סאונדרס לסיוע בזיהוי.
המידע המודיעיני כולל 8 מיליון פריטי מידע, המשולב במידע האינטגרטיבי המוצג למשתמש לצורך עריכת שומה ואכיפת הגביה.

• **בחירת מידגם לביקורת**
באמצעות הכלים שפורטו לעיל מאפשר שע"מ בחירת אוכלוסית חריגים למידגם ביקורת.
המערכת מסוגלת להפעיל כ־70 קריטריונים שונים של הצלבות וחתכים המייצרים השוואות בין המסים השונים ומאפשרים לשלוף חריגים של עוסקים אשר הצהרת המחזור שלהם אינה מתיישבת עם הפעולות העסקית הכוללת והמידע המודיעיני המצוי במערכת.
מדרג האוכלוסיה לביקורת נעשה ע"י שקלול כל מימצא לקוי אצל עוסק, ומתן ניקוד שלילי.
האוכלוסיה מוצגת בסדר יורד של חריגות למשתמש.

• **קשר בין מחשבים לעיקולי כספים**
שע"מ מחובר לרשת מחשבים האוצרית ולמחשבים אחרים. באמצעות קשר זה ניתן להציג במסוף אחד נתונים ממספר מחשבים.
כמו"כ מתבצע עיקול כספים אוטומטי של חייבי מע"מ במחשב שע"מ מול זכאי קבלת כספים בחשכ"ל. כן קיים קשר עם מחשב משרד התחבורה לצורך עיקולי רכב.

• **שידור דוחות מעבידים ישירות למחשב שע"מ**
בימים אלו הסתיים ניסוי שיאפשר למעבידים ברחבי המדינה להעביר את הדוחות השנתיים על ניכוי שכר מעובדיהם באמצעות ה־PC שברשותם, ישירות למחשב שע"מ בקשר מחשבי. ניסוי זה יורחב בהדרגה למתן שירותים נוספים.

• **מערכת מעקב אחר פרוייקטים**
בשע"מ שולטים על ביצוע הפרוייקטים באמצעות מערכת מעקב אחר פרוייקטים שפותחה בנטורל אדאבס.

מיתקן המחשבים הענק העומד לרשות שע"מ הוא אחד המיתקנים היפים והמרשימים המצויים בישראל, במיתקן מותקנים שני מחשבים מרכזיים: XL50 מתוצרת חברת NAS ו־3081 מתוצרת י.ב.מ.
מרכז המחשבים על מחשביו תומך בלמעלה מ־1000 מסופים ו־800 מדפסות, ועוד היד נטויה.

בסוף הסיור וכשאתה רואה את כל אלה ואולי אף מתפעל מהישגי התוכנה ומפלאי הטכנולוגיה, אתה מהרהר לרגע בליבך ושואל בקול רם את גברי בר לביא, מעצב המחשבה המיחשובית בשע"מ, ומה יהיה עלינו? ומה יהיה על האזרח עם צינעת הפרט שלו? האם בכל אלה אין השגת גבול, האם בכל אלה לא ניקלע למדינה שאיכות חייה בה עשויה להיפגע? גברי בר לביא, בהתלהבות ובנחישות, משיב "אני המגן הגדול ביותר על זכויות האזרח. כל מה שראית נעשה עם נשמה יתרה ועם כל החשיבה על האזרח וזכויותיו, תוך מילוי המטלות המקצועיות והמבצעיות המוטלות על היחידה".

סוף דבר

קצרה היריעה מלציין את כל אלה הראויים לכך, בחרתי לתאר כאמור מידגם מייצג וסגרתי מעגל: יצרן חומרה והיי־טק, יצרן תוכנה מתקדמת, תעשיית האינפורמציה ומיתקן מחשבים המיישם את הטכנולוגיה בשירות המינהל. אני חדור אמונה ביכולתה של ישראל לנצל את התשתית הזו ולהפוך את ענף המחשבים, התוכנה, ההיי־טק והיישומים למנוף אדיר, רב משמעות לקידומה הכלכלי והחברתי של ישראל. תנו לנו 1000 "מעגלים" כאלה ונשנה את ישראל מהקצה אל הקצה.

הכינוס הישראלי הרביעי להנדסת מערכות ממוחשבות ולהנדסת תוכנה

5 - 6 ביוני, 1989
מרכז הקונגרסים גני התערוכה, תל־אביב

קול קורא להגשת מאמרים

איל"א - איגוד ישראלי לעיבוד אינפורמציה

IEEE - Computer Society סניף ישראל

IEEE

הכינוס הרביעי להנדסת מערכות ממוחשבות ולהנדסת תוכנה ידון בכל מיגוון הבעיות הכרוכות בהנדסת מערכות משובצות מחשב ומערכות ענ"א ותוכנתן. מטרת הכינוס לקדם את נושאי הנדסת התוכנה בכל תחומי היישום ולהביא להפריה הדדית בין שתי הקהיליות העיקריות של מהנדסי המערכות ומהנדסי התוכנה בתחום מערכות משובצות המחשב והענ"א. מסלול מיוחד יוקדש להדגמות של שיטות וכלים ממוחשבים חדישים להנדסת מערכות ממוחשבות ותוכנתן ובמקביל תקויים תערוכת כלים. בכינוס יושם דגש מיוחד על הצגת לקחים שהופקו ביישום שיטות מתקדמות בפרוייקטים ועל שילוב שיטות אנליטיות בניתוח הביצועים של מערכות ממוחשבות. לאור הנסיון שנרכש בכינוסים הקודמים, ייעשה גם בכינוס זה מאמץ לשלב עבודות אקדמאיות ועבודות הנדסיות יישומיות.

ספר הכינוס יפורסם באנגלית ויופץ ע"י IEEE Computer Society

הנושאים העיקריים של הכינוס*

1. הנדסת מערכות ממוחשבות מורכבות
- ארכיטקטורת מערכות מורכבות ומחשבים והערכתם
- נתוח ההשלכות ההדדיות בין ארכיטקטורות המערכת והתוכנה
- תקשורת מחשבים
- ניתוח דרישות, איפיון וביצועים של מערכות
- שיטות תיכון, ניסוי ושילוב של מערכות ממוחשבות

2. הנדסת תוכנה
- ארכיטקטורות של מערכות תוכנה והערכתן
- יישום שיטות פורמליות בפיתוח תוכנה
- שיטות איפיון, תיכון שילוב ובדיקות תוכנה

3. אבות טיפוס מהירים בפיתוח מערכות ותוכנה

4. יישומי בינה מלאכותית בהנדסת מערכות ממוחשבות
- שילוב טכניקות בינה מלאכותית ביישומים מערכתיים
- שילוב טכניקות בינה מלאכותית בתהליך הפיתוח של מערכות ותוכנה

5. סביבות פיתוח
- ארכיטקטורה של סביבות פיתוח
- כלים ממוחשבים להנדסת מערכות
- כלים ממוחשבים להנדסת תוכנה

6. ניהול הפיתוח והמשאבים
- ניהול פרוייקטים: תיכנון, הערכת עלויות, מעקב ובקרה
- אבטחת איכות
- בקרת תצורה
- הכשרת כח אדם בתעשיה ובאקדמיה

* הנושאים הנ"ל הינם העיקריים, אך אינם הבלעדיים

במסגרת הכינוס תינתנה תעודות הוקרה לשני המאמרים הטובים ביותר מבחינת איכותם הטכנית והצגתם הפרונטלית בכינוס.

מועדי הגשה
- ☐ 15 בנובמבר 1988 – הגשת תקציר <u>מורחב באנגלית</u>, בארבעה עותקים (1500 – 2500 מלים שהם כ־10 עמודים).
- ☐ 15 בפברואר 1989 – מסירת תוצאות השיפוט למחברים.
- ☐ 10 באפריל 1989 – הגשת הגירסה הסופית <u>באנגלית</u> למזכירות הכינוס.

את המאמרים יש לשלוח לארטרא בע"מ, ת.ד. 50432, תל־אביב 61500.

- -

הכינוס הישראלי הרביעי להנדסת מערכות ממוחשבות ולהנדסת תוכנה – 1989

טופס כוונה

(לשלוח לארטרא בע"מ, ת.ד. 50432, תל־אביב 61500 או בפקס. 03-660952)

שם משפחה ______________ שם פרטי ______________

כתובת פרטית ______________ מיקוד ______________

מקום העבודה ______________

טלפון (עבודה) ______________ טלפון (בית) ______________ פקסימיליה ______________

☐ אני מעוניין להגיש מאמר בנושא ______________

☐ אני מציע שיקויים רב שיח בנושא ______________

☐ בכוונתי להדגים כלי ממוחשב להנדסת מערכות ממוחשבות ותוכנתן.

אופי הכלי ______________

☐ אין בכוונתי להגיש מאמר, אך אני מעוניין להשתתף בכינוס, נא לשלוח אלי את תכנית הכינוס.

תאריך: ______________ חתימה ______________